



С.В. АКИМОВ, Ю.П. ЧИЖКОВ

# Электрооборудование автомобилей

Учебник для ВУЗов



С.В. Акимов, Ю.П. Чижков

# Электрооборудование автомобилей

**Учебник для ВУЗов**

Рекомендовано  
Министерством  
образования  
Российской Федерации  
в качестве учебника  
для студентов высших  
учебных заведений,  
обучающихся  
по специальности  
«Электрооборудование  
автомобилей  
и тракторов»

УДК 629.113.004.58

ББК 39.808

А39

*Рецензенты:* профессор, д.т.н. А.К. Старостин,  
профессор, к.т.н. П.А. Тыричев

*Редакторы:* М.И. Бирюков, Е.В. Певзнер

Учебник

Акимов Сергей Валентинович, Чишков Юрий Павлович

## **ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ**

**Учебник для ВУЗов**

Обложка художника Т.В. Соколовой  
Верстка С.В. Гудковой, А.А. Савина  
Технический редактор Л.В. Рассказова

Лицензия ЛР № 071875 от 26.05.99

---

Подписано в печать с готовых диапозитивов ЗАО «КЖИ «За рулем» 26.01.04.

Формат 60х84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 22,32. Тираж 5 000 экз. Заказ 2362. Цена свободная.

---

ЗАО «Книжно-журнальное издательство «За рулем»  
107045, Москва, Селиверстов пер., 10, стр. 1.

Отпечатано с готовых диапозитивов в типографии ОАО «Молодая гвардия»,  
ООО «Платан», 103030, Москва, Суцневская ул., д. 21.

**Акимов С.В., Чишков Ю.П.**

А39 Электрооборудование автомобилей. Учебник для ВУЗов. – М.: ЗАО  
«КЖИ «За рулем», 2004. – 384 с.: ил.

ISBN 5-85907-274-0(3)

В учебнике приведены сведения по устройству, принципам действия, техническим и регулировочным характеристикам, а также диагностике различных систем, устройств и приборов автомобильного электрического и электронного оборудования.

Даны основные правила эксплуатации и обслуживания электрооборудования автомобилей.

Для студентов ВУЗов.

УДК 629.113.004.58

ББК 39.808

© С.В. Акимов, Ю.П. Чишков, 1999

© ЗАО «КЖИ «За рулем», 1999

ISBN 5-85907-274-0(3)

## К читателю

За последние годы в России парк находящихся в эксплуатации автомобилей сильно изменился и расширился. Появилось большое количество зарубежных автомобилей различных марок, в большинстве своем подержанных, имеющих определенную специфику системы электрооборудования, отличающуюся по устройству, принципу действия и особенностям обслуживания ее элементов. Отечественные производители в борьбе за конкурентоспособность своих изделий существенно модернизировали и расширили состав электрооборудования, особенно в части применения средств повышения комфорта в салоне автомобиля, а также изделий электроники.

Электронные устройства управляют впрыском топлива, системой зажигания, осуществляют контроль за работоспособностью узлов и агрегатов автомобиля.

На электромеханические устройства возложены функции блокировки дверей, стеклоподъема, поворота зеркал заднего вида и т. п.

Практически сейчас нет ни одной системы автомобильного электрооборудования, где бы не использовалась электроника.

Рост количества потребителей потребовал увеличения мощности электрогенераторов без существенного увеличения их массы и габаритов, что вызвало появление на автомобилях генераторов компактной конструкции.

Напряжение генераторов стабилизируется регуляторами напряжения, построенными по новому схемному решению с использованием так называемой широтно-импульсной модуляции.

Стартеры со встроенным редуктором и возбуждением от постоянных магнитов постепенно вытесняют стартеры традиционной конструкции.

В светотехнике широко стали использоваться фары, в которых функции рассеивателя полностью или частично выполняет отражатель, фары с лампой дневного света, а также светодиоды в светосигнальных фонарях и т. п.

Настоящая книга призвана ознакомить учащихся с принципом действия, устройством, правилами технического обслуживания и ремонта изделий автомобильного электрооборудования отечественного и зарубежного производства, а также облегчить им решение вопроса замены отказавших изделий, в том числе зарубежных на отечественные.

Книга является учебником по дисциплине «Автотракторное электрооборудование», но ее содержание таково, что она будет полезна и специалистам, занимающимся эксплуатацией, техническим обслуживанием, ремонтом автомобильной техники, а также владельцам личных автомобилей.

Главы 1, 2, 4, 5, 7 и 8 написаны Ю. П. Чижковым; 3, 6, 9, 10, 11 – С. В. Акимовым.



## Общие требования к автомобильному электрооборудованию

### 1.1. Классификация электрооборудования автомобиля

Электрооборудование автомобиля представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных электротехнических и электронных систем, приборов и устройств, обеспечивающих надежное функционирование двигателя, трансмиссии и ходовой части, безопасность движения, автоматизацию рабочих процессов автомобиля и комфортные условия для водителя и пассажиров.

Автомобильное электрооборудование включает в себя следующие системы и устройства:

- электропитания;
- электростартерного пуска двигателя внутреннего сгорания;
- освещения, световой и звуковой сигнализации;
- электронные системы управления агрегатами автомобиля;
- информации и контроля технического состояния автомобиля и его агрегатов;
- электропривода;
- подавления радиопомех;
- коммутационные, защитные устройства и электропроводку.

В систему электропитания входят генераторная установка и аккумуляторная батарея. К системе электростартерного пуска относят аккумуляторную батарею, электростартер, реле управления (дополнительные реле и реле блокировки) и электротехнические устройства для облегчения пуска двигателя. Система зажигания обеспечивает воспламенение рабочей смеси в цилиндрах бензинового двигателя искрой высокого напряжения, возникающей между электродами свечи зажигания. Помимо свечей, к системе зажигания относятся катушка зажигания, прерыватель–распределитель, датчик–распределитель, транзисторный коммутатор, добавочный резистор, высоковольтные провода, наконечники и т.д. Система освещения и световой сигнализации объединяет осветительные приборы (фары головного освещения), светосигнальные фонари (габаритные огни, указатели поворота, стоп–сигналы, фонари заднего хода и др.) и различные реле управления ими. Система информации и контроля включает в себя датчики и указатели давления, температуры, уровня топлива в баке, спидометр, тахометр, сигнальные (контрольные) лампы и пр. Электропривод (электродвигатели, моторедукторы, мотонасосы) находит все большее применение в системах стеклоочистки, отопления, вентиляции, предпускового подогрева двигателя, подъема и опускания антенны, блокировки дверей и в стеклоподъемниках. Используется

разнообразная коммутационная и защитная аппаратура: выключатели, переключатели, реле различного назначения, контакторы, предохранители и блоки предохранителей, соединительные панели и разъемные соединения. Развитие электрооборудования автомобилей тесно связано с широким применением электроники и микропроцессоров, обеспечивающих автоматизацию и оптимизацию рабочих процессов, большую безопасность движения, снижение токсичности отработавших газов и улучшение условий работы водителей.

Количество и мощность потребителей электроэнергии на автомобилях постоянно увеличиваются. Соответственно, возрастает мощность источников электрической энергии. На смену прежнему электрооборудованию приходят новые, более сложные по конструкции и схемным решениям электрические и электронные изделия и системы. От технического состояния электрооборудования во многом зависит эксплуатационная надежность и производительность автомобиля.

## **1.2. Условия эксплуатации электрооборудования. Основные технические требования**

Условия работы электрооборудования зависят от климатической зоны эксплуатации и места установки на автомобиле. Изделия электрооборудования выпускаются в климатических исполнениях У (для умеренного климата), ХЛ (для холодного климата), О (общеклиматическое исполнение), Т (тропическое исполнение). Исполнения типа У–ХЛ, У–Т и т.д. допускают возможность эксплуатации электрооборудования в разных климатических зонах.

Изделия электрооборудования и автоэлектроники должны быть работоспособными при эксплуатации в условиях, характеризуемых параметрами, приведенными в табл. 1.1.

Кроме того, электрооборудование автомобиля должно сохранять работоспособность после воздействия температуры  $-60^{\circ}\text{C}$  для исполнения ХЛ и  $-45^{\circ}\text{C}$  для исполнения У и Т при транспортировании и во время нерабочих периодов автомобиля.

Электрооборудование должно выдерживать вибрационные и ударные нагрузки, указанные в табл. 1.2. Допустимые значения превышения температуры электрических машин и аппаратов длительного режима работы при температуре окружающей среды  $+70^{\circ}\text{C}$  приведены в табл. 1.3.

Электрические машины должны выдерживать испытание на повышенную частоту вращения в режиме холостого хода в течение 20 с (электростартеры и другие электрические машины с продолжительностью работы менее 1 мин) и 2 мин (прочие электрические машины). Испытательная частота вращения должна быть на 20% выше максимальной частоты вращения, возможной в эксплуатации, и частоты вращения в режиме холостого хода для стартеров.

Изделия электрооборудования могут быть рассчитаны на продолжительный номинальный режим работы S1, кратковременный номинальный режим работы S2 с длительностью периода неизменной номинальной нагрузки 5, 10 и 30 мин и повторно–кратковременный номинальный режим продолжительностью включения 15, 25, 40 и 60%.

**Таблица 1.1. Условия эксплуатации изделий электрооборудования**

| Температурные и атмосферные условия                                                                                                                                                | Климатическое исполнение |                |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------|------|
|                                                                                                                                                                                    | У                        | ХЛ             | Т    |
| Максимальная температура окружающей среды, °С:<br>для изделий, устанавливаемых на двигателе и в моторном отсеке                                                                    | 70                       | 80,90          | 100* |
| для изделий, устанавливаемых в кабине или снаружи:                                                                                                                                 |                          |                |      |
| рабочие                                                                                                                                                                            | 55                       | 55             | 55   |
| предельные                                                                                                                                                                         | 65                       | 65             | 65   |
| Минимальная температура окружающей среды, °С:<br>для изделий, устанавливаемых снаружи или в кабине,<br>а также для изделий, которые должны работать до<br>предпускового подогрева: |                          |                |      |
| рабочие                                                                                                                                                                            | -45<br>(-40)**           | -60<br>(-55)** | -20  |
| предельные                                                                                                                                                                         | -50<br>(-45)**           | -60            | -45  |
| для изделий, устанавливаемых на двигателе и в моторном отсеке и включаемых только после предпускового подогрева                                                                    | -40                      | -40            | -20  |
| Относительная влажность воздуха для всех изделий<br>при температуре (40±2)°С, %                                                                                                    | 95±3                     | 95±3           | 95±3 |
| Минимальное атмосферное давление для изделий, кПа<br>(на высоте 4000 м над уровнем моря)                                                                                           | 61                       | 61             | 61   |

\* – температура для изделий выбирается из приведенного ряда и устанавливается в стандартах или технических условиях на изделия.

\*\* – в скобках указаны температуры для изделий, разработанных до 09.01.88 г.

**Таблица 1.2. Допустимые вибрационные и ударные нагрузки для изделий автомобильного электрооборудования**

| Наименование изделий                  | Вид нагрузки | Частота вибрации, Гц         |                        | Максимальное ускорение (или замедление) м/с² | Продолжительность испытаний |
|---------------------------------------|--------------|------------------------------|------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|
|                                       |              | при периодических испытаниях | при типовых испытаниях |                                              |                             |
| Изделия, устанавливаемые на двигателе | Вибрационная | 50                           | 50–250                 | 100                                          | 8 ч                         |
|                                       | Ударная      | –                            | 150                    | 150                                          | 100 ударов                  |
| Остальные изделия                     | Вибрационная | 50                           | 50                     | 50                                           | 8 ч                         |
|                                       | Ударная      | –                            | 100                    | 100                                          | 1000 ударов                 |

**Таблица 1.3. Допустимые тепловые нагрузки электрических машин и аппаратов длительного режима работы**

| Наименование частей электрических машин и аппаратов | Допустимые превышения температуры, °С, для классов изоляционных материалов |     |     |     |     |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
|                                                     | А                                                                          | Е   | В   | Г   | Н   |
| Обмотки генераторов и электродвигателей             | —                                                                          | —   | 125 | 140 | —   |
| Коллекторы и контактные кольца                      | 100                                                                        | 115 | 145 | 155 | 160 |
| Обмотки реле различного назначения                  | —                                                                          | —   | 130 | 145 | —   |

Изделия электрооборудования должны быть совместимы между собой и внешней средой и сохранять работоспособность в условиях электромагнитного воздействия в соответствии с данными табл. 1.4 и 1.5.

Изоляция обмоток и токоведущих деталей изделий электрооборудования относительно корпуса должна выдерживать без повреждений в течение 1 мин

**Таблица 1.4. Параметры импульсных напряжений в аномальных режимах (срабатывание предохранителей, пуск двигателя от посторонних источников, при отключении аккумуляторной батареи и т.п.)**

| Номинальное напряжение, В | Уровень напряжения (мгновенные значения), В, не более, при различной длительности |         |        |       |        |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|-------|--------|
|                           | 0,3 мкс                                                                           | 10 мкс  | 0,3 мс | 10 мс | 300 мс |
| 14 (12)                   | 150*/-20                                                                          | 112/-28 | 62/0   | 42/3  | 21/6   |
| 28 (24)                   | 150/-56                                                                           | 112/-56 | 84/0   | 58/7  | 42/14  |

\* – в числителе максимальные, а в знаменателе минимальные значения.

**Таблица 1.5. Параметры импульсных напряжений бортовой сети в нормальных режимах эксплуатации**

| Номинальное напряжение, В | Уровень напряжения (мгновенные значения), В, не более, при различной длительности |        |        |         |           |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|---------|-----------|
|                           | 0,3 мкс                                                                           | 10 мкс | 0,3 мс | 10 мс   | 300 мс    |
| 14 (12)                   | 42*/6                                                                             | 42/6   | 28/6   | 23/8    | 17,5/10,3 |
| 28 (24)                   | 56/14                                                                             | 56/14  | 56/14  | 45/15,5 | 35/21     |

\* – в числителе максимальные, а в знаменателе минимальные значения.

воздействие синусоидального переменного напряжения частотой 50 Гц, действующие значения которого указаны в табл. 1.6.

Степень искрения (класс коммутации) по шкале ГОСТ 183–74 должна быть не более 1,5 для электрических машин продолжительного режима работы, не более 2 для электрических машин повторно–кратковременного перемежающегося и кратковременного режима работы (продолжительностью 5 мин и выше) и не более 3 для электрических машин кратковременного режима работы продолжительностью 3 мин и менее.

Изделия автотракторного электрооборудования должны работать в однопроводной схеме, в которой с корпусом машины («массой») соединен отрицательный полюс системы. Допускается применение изделий, у которых от корпуса изолированы оба полюса.

Электрооборудование должно быть защищено от проникновения посторонних тел, пыли, грязи, брызг воды, и при этом надежно и безотказно работать в течение требуемого срока службы. Защита от коррозии должна осуществляться лакокрасочными, гальваническими, химическими покрытиями или их сочетаниями.

Надежность изделий электрооборудования характеризуется:

для ремонтируемых или неремонтируемых изделий – гамма–процентной безотказностью и средней наработкой (в километрах пробега автомобиля, часах работы двигателя, числе включений) или интенсивностью отказов;

только для ремонтируемых изделий дополнительным показателем долговечности – гамма–процентным ресурсом.

Направления вращения валов изделий электрооборудования определяются следующим образом:

для электрических машин с одним выходящим концом вала (стартер, электродвигатель, генератор, датчик спидометра) – со стороны приводного конца вала;

**Таблица 1.6. Электрическая стойкость изоляции**

| Наименование деталей изделий                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Напряжение<br>(действующее значение), В |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1. Обмотки электрических машин и аппаратов, токоведущие детали этих изделий, обмотки контрольно–измерительных приборов и их датчиков, токоведущие детали коммутационной аппаратуры, работающие в главных цепях или в цепях, содержащих индуктивность, элементы цепей низкого напряжения аппаратов зажигания, звуковых сигналов | 550                                     |
| 2. Обмотки и токоведущие детали электродвигателей с электромагнитным возбуждением                                                                                                                                                                                                                                              | 250                                     |
| 3. Токоведущие детали коммутационной аппаратуры (за исключением указанных в п. 1), установочных изделий, осветительных и светосигнальных приборов                                                                                                                                                                              | 220                                     |
| 4. Токоведущие детали и элементы цепей высокого напряжения систем зажигания                                                                                                                                                                                                                                                    | 22000                                   |

для распределителей зажигания – со стороны кулачка прерывателя;  
для электрических машин с двумя выходящими концами вала – специально указывается в технической документации на изделия.

Для электрических машин и аппаратов зажигания предпочтительно применение вращения по часовой стрелке.

Для снижения уровня радиопомех применяются следующие помехоподавляющие устройства:

неэкранированные или экранированные наконечники искровых свечей зажигания;

высоковольтные провода с распределенным сопротивлением;

фильтры подавления радиопомех;

помехоподавительные резисторы в роторах распределителей или в искровых свечах зажигания.

### 1.3. Номинальные параметры

Номинальные параметры изделий автомобильного электрооборудования (мощность, сила тока, напряжение и т.д.) устанавливаются при нормальных значениях климатических факторов внешней среды:

температура окружающего воздуха ( $25 \pm 10$ )°C;

атмосферное давление 630–800 мм рт. ст.

Значение номинального напряжения потребителей электроэнергии принимается из ряда 6; 12; 24 В (определяется номинальным напряжением аккумуляторной батареи), а генераторов – 7; 14; 28 В.

Номинальные значения параметров для источников и потребителей тока, работающих до начала движения автомобиля, устанавливают при номинальном напряжении. Номинальные значения параметров для потребителей тока, работающих только при движении автомобиля, устанавливают при напряжениях 6,7; 13,5 или 27 В. Потребители электроэнергии, работающие при движении автомобиля, должны быть работоспособными при изменении подводимого напряжения в диапазоне 90–125% от установленного для них номинального напряжения.

### 1.4. Условные обозначения изделий электрооборудования

Для изделий автотракторного электрооборудования используется цифровое обозначение вида 0000.0000, где первые два знака соответствуют порядковому номеру модели (первая модель – 11, вторая модель – 12 и т.д.), третий знак – модификации изделия, четвертый – исполнению (табл. 1.7), четыре знака после точки указывают на номер типовой подгруппы (табл. 1.8).

**Пример:** 133.3701 – третья базовая модель, третья модификация базовой модели генератора.

**Таблица 1.7. Обозначение исполнения изделия**

| Цифровой код обозначения | Исполнение                                                            |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 0001.0000                | Для холодного климата                                                 |
| 0002.0000                | Общеклиматическое исполнение                                          |
| 0003.0000                | Для умеренной климатической зоны                                      |
| 0006.0000                | Экспортное исполнение                                                 |
| 0007.0000                | Тропическое исполнение                                                |
| 0008.0000                | Для изделий, предназначенных на экспорт в страны с холодным климатом  |
| 0009.0000                | Для изделий общеклиматического исполнения, предназначенных на экспорт |

**Таблица 1.8. Обозначение некоторых типовых подгрупп изделий электрооборудования, применяемых на отечественных автомобилях**

| Номер подгруппы | Изделие                                                         |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------|
| 3701            | Генератор                                                       |
| 3702            | Реле-регулятор (регулятор напряжения)                           |
| 3703            | Аккумуляторная батарея                                          |
| 3707            | Провода и свечи зажигания                                       |
| 3708            | Стартер и выключатель стартера                                  |
| 3709            | Переключатели                                                   |
| 3710            | Выключатели                                                     |
| 3711            | Фары                                                            |
| 3712            | Подфарники и передние указатели поворотов                       |
| 3713            | Патроны ламп                                                    |
| 3714            | Плафоны внутреннего освещения                                   |
| 3715            | Лампы (переносная и подкапотная)                                |
| 3716            | Задние фонари (сигнальные и осветительные)                      |
| 3717            | Фонари освещения номерного знака                                |
| 3720            | Выключатели сигнала торможения                                  |
| 3721            | Звуковые сигналы                                                |
| 3722            | Предохранители электрических цепей                              |
| 3723            | Соединители электропроводов (панели, штепсельные розетки и пр.) |
| 3724            | Электропровода                                                  |

Продолжение табл. 1.8.

| Номер подгруппы | Изделие                                                                |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------|
| 3726            | Указатели поворотов                                                    |
| 3728            | Магнето                                                                |
| 3730            | Электродвигатели                                                       |
| 3737            | Выключатели «массы»                                                    |
| 3740            | Свечи накаливания                                                      |
| 3741            | Электрооборудование пусковых подогревательных и отопительных устройств |
| 3747            | Реле различного назначения                                             |
| 3759            | Преобразователи напряжения                                             |
| 3802            | Спидометры                                                             |
| 3803            | Фонари контрольных ламп                                                |
| 3805            | Щитки приборов                                                         |
| 3806            | Приемники указателей топлива                                           |
| 3807            | Приемники указателей температуры                                       |
| 3808            | Приемники указателей давления                                          |
| 3810            | Приемники указателей давления масла                                    |
| 3811            | Указатели тока                                                         |
| 3812            | Указатели напряжения                                                   |
| 3818            | Счетчики мотоциклов                                                    |
| 3827            | Датчики указателей уровня топлива                                      |
| 3828            | Датчики указателей температуры                                         |
| 3829            | Датчики указателей давления                                            |
| 3832            | Датчики температуры блока цилиндров двигателя                          |
| 3839            | Приборы и средства сигнализации                                        |
| 3844            | Сигнализаторы температуры                                              |
| 5205            | Стеклоочистители                                                       |
| 5208            | Стеклоомыватели                                                        |



## Аккумуляторные батареи

### 2.1. Назначение и условия эксплуатации

Автомобильная аккумуляторная батарея предназначена для электроснабжения стартера при пуске двигателя внутреннего сгорания и других потребителей электроэнергии при неработающем генераторе или недостатке развиваемой им мощности. Работая параллельно с генераторной установкой, батарея устраняет перегрузки генератора и возможные перенапряжения в системе электрооборудования в случае нарушения регулировки или при выходе из строя регулятора напряжения, сглаживает пульсации напряжения генератора, а также обеспечивает питание всех потребителей в случае отказа генератора и возможность дальнейшего движения автомобиля за счет резервной емкости.

Наиболее мощным потребителем энергии аккумуляторной батареи является электростартер. В зависимости от мощности стартера и условий пуска двигателя сила тока стартерного режима разряда может достигать нескольких сотен и даже тысяч ампер. Сила тока стартерного режима разряда резко возрастает при эксплуатации автомобилей в зимний период (пуск холодного двигателя).

Батарея на автомобиле входит в состав не только системы электростартерного пуска, но и других систем электрического и электронного оборудования.

После разряда на пуск двигателя и питание других потребителей батарея подзаряжается от генераторной установки. Частое чередование режимов разряда и заряда (циклирование) – одна из характерных особенностей работы батарей на автомобилях.

При большом разнообразии выпускаемых моделей автомобилей и климатических условий их эксплуатации, в массовом производстве батарей наряду с определением оптимальных экономических параметров должное внимание уделяется их унификации, повышению надежности и сроков службы. Надежность и срок службы аккумуляторных батарей находятся в прямой зависимости от технического уровня их конструкций и условий работы на автомобиле.

Обычно аккумуляторные батареи на автомобилях после пуска двигателя работают в режиме подзаряда и сконструированы таким образом, чтобы развивать достаточную мощность в кратковременном стартерном режиме разряда при низких температурах. Однако на некоторых видах автомобилей, где установлено электро- и радиооборудование повышенного энергопотребления, аккумуляторные батареи могут подвергаться длительным разрядам токами большой силы. Батареи на таких автомобилях должны быть устойчивы к глубоким разрядам.

Условия, в которых работает аккумуляторная батарея, зависят от типа, назначения, климатической зоны эксплуатации автомобиля, а также от места установки ее на автомобиле. Режимы работы аккумуляторной батареи на автомо-

биле определяются температурой электролита, уровнем вибрации и тряски, периодичностью, объемом и качеством технического обслуживания, параметрами стартерного разряда, силой токов и продолжительностью разряда и заряда при циклировании, уровнем надежности и исправности электрооборудования, продолжительностью работы и перерывов в эксплуатации.

Наибольшее влияние на работу аккумуляторных батарей оказывают место размещения и способ крепления батарей на автомобиле, интенсивность и регулярность эксплуатации автомобиля (среднесуточный пробег), температурные условия эксплуатации (климатический район, время года и суток), назначение автомобиля, соответствие характеристик генераторной установки, аккумуляторной батареи и потребителей электроэнергии.

## 2.2. Требования к стартерным аккумуляторным батареям

Особенности режима работы "на электростартер" выделяют автомобильные аккумуляторные батареи в особый класс стартерных батарей. Высокая электродвижущая сила и малое внутреннее сопротивление обусловили широкое применение на автомобилях стартерных свинцовых аккумуляторных батарей.

Учитывая сложные условия работы, к автомобильным аккумуляторным батареям предъявляется ряд требований, выполнение которых обеспечивает их высокую эксплуатационную надежность. В перечне этих требований высокая механическая прочность, работоспособность в широком диапазоне температур и разрядных токов, малое внутреннее сопротивление, небольшие потери энергии при длительном бездействии (малый саморазряд), необходимая емкость при небольших габаритных размерах и массе, достаточный срок службы, малые затраты труда и средств на техническое обслуживание. Батареи должны иметь достаточный запас энергии для осуществления надежного пуска двигателя при низких температурах, для питания потребителей электроэнергии на автомобиле в случае выхода из строя генераторной установки, а также для других нужд, возникающих в аварийных ситуациях.

Батареи обычной конструкции и с общей крышкой должны быть механически прочными при испытании в следующем режиме :

|                                             |           |
|---------------------------------------------|-----------|
| ускорение, $\text{м/с}^2$ .....             | 147 (15g) |
| длительность импульсов, мс                  |           |
| (только в вертикальном направлении) .....   | 2-15      |
| общее число ударов, тыс. ....               | 10        |
| ориентировочное число ударов в минуту ..... | 40-80     |

После испытаний батареи должны иметь нормированную продолжительность стартерного разряда, не должны иметь поврежденных деталей и следов электролита на своей поверхности.

Необслуживаемые батареи и батареи с общей крышкой должны быть вибропрочными при кратковременном испытании при ускорении  $5g$  с частотой до  $30 \text{ Гц}$ .

Вибрационная нагрузка в местах установки аккумуляторных батарей не должна превышать  $1,5g$  (ускорение  $14,7 \text{ м/с}^2$ ) в диапазоне частот до  $60 \text{ Гц}$ . Допускает-

ся кратковременная вибрационная нагрузка 5g (ускорение  $49 \text{ м/с}^2$ ) с ориентировочной частотой до 30 Гц.

Аккумуляторные батареи должны выдерживать испытание на герметичность на выводах и в стыках между моноблоком и крышками при давлении, повышенном или пониженном на  $(20 \pm 1,33) \text{ кПа}$  по сравнению с нормальным атмосферным. Герметизирующие материалы должны быть стойкими к воздействию температур в пределах от  $-40$  до  $160^\circ\text{C}$ , а сварные швы – в пределах от  $-50$  до  $60^\circ\text{C}$ .

Полная герметичность аккумуляторных батарей с решетками электродов из свинцово-сурьмянистых сплавов невозможна вследствие выделения газов как во время работы, так и при хранении.

Стартерные свинцовые аккумуляторные батареи должны быть работоспособными при температуре окружающего воздуха от  $-40$  до  $60^\circ\text{C}$  (батареи обычной конструкции) и от  $-50$  до  $60^\circ\text{C}$  (батареи с общей крышкой и необслуживаемые). Рабочая температура электролита не должна превышать  $50^\circ\text{C}$ .

Следует обеспечить свободный доступ к аккумуляторной батарее для осмотра и технического обслуживания. Техническое обслуживание батареи должно быть минимальным по объему, не требовать от водителей и обслуживающего персонала высокой квалификации (специальной подготовки), использования сложного и дорогостоящего оборудования.

Важное требование к стартерным аккумуляторным батареям – минимальное внутреннее сопротивление и внутреннее падение напряжения при больших токах разряда в стартерном режиме. Батареи должны выдерживать кратковременные разряды стартерными токами большой силы без разрушения пластин и ухудшения характеристик при дальнейшей эксплуатации.

Срок службы стартерных аккумуляторных батарей должен быть близким или кратным срокам межремонтного пробега автомобиля.

## 2.3. Принцип работы свинцового аккумулятора

Свинцовые аккумуляторы являются вторичными химическими источниками тока, которые могут использоваться многократно. Активные материалы, израсходованные в процессе разряда, восстанавливаются при последующем заряде.

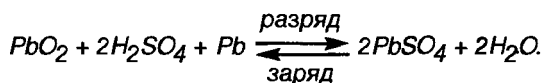
Химический источник тока представляет собой совокупность реагентов (окислителя и восстановителя) и электролита. Восстановитель (отрицательный электрод) электрохимической системы в процессе токообразующей реакции отдает электроны и окисляется, а окислитель (положительный электрод) восстанавливается. Электролитом, как правило, является жидкое химическое соединение, обладающее хорошей ионной и малой электронной проводимостью.

В свинцовом аккумуляторе в токообразующих процессах участвуют двуокись свинца (диоксид свинца)  $\text{PbO}_2$  (окислитель) положительного электрода, губчатый свинец  $\text{Pb}$  (восстановитель) отрицательного электрода и электролит (водный раствор серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Активные вещества электродов представляют собой относительно жесткую пористую электропроводящую массу с диаметром пор  $1,5 \text{ мкм}$  у  $\text{PbO}_2$  и  $5\text{--}10 \text{ мкм}$  у губчатого свинца. Объемная пористость активных веществ в заряженном состоянии – около 50%.

Часть серной кислоты в электролите диссоциирована на положительные ионы водорода  $H^+$  и отрицательные ионы кислотного остатка  $SO_4^{2-}$ . Губчатый свинец при разряде аккумулятора выделяет в электролит положительные ионы двухвалентного свинца  $Pb^{2+}$ . Избыточные электроны отрицательного электрода по внешнему участку замкнутой электрической цепи перемещаются к положительному электроду, где восстанавливают четырехвалентные ионы свинца  $Pb^{4+}$  до двухвалентного свинца  $Pb^{2+}$ . Положительные ионы свинца  $Pb^{2+}$  соединяются с отрицательными ионами кислотного остатка  $SO_4^{2-}$ , образуя на обоих электродах сернокислый свинец  $PbSO_4$  (сульфат свинца).

При подключении аккумулятора к зарядному устройству электроны движутся к отрицательному электроду, нейтрализуя двухвалентные ионы свинца  $Pb^{2+}$ . На электроде выделяется губчатый свинец  $Pb$ . Отдавая под влиянием напряжения внешнего источника тока по два электрона, двухвалентные ионы свинца  $Pb^{2+}$  у положительного электрода окисляются в четырехвалентные ионы  $Pb^{4+}$ . Через промежуточные реакции ионы  $Pb^{4+}$  соединяются с двумя ионами кислорода и образуют двуокись свинца  $PbO_2$ .

Химические реакции в свинцовом аккумуляторе описываются уравнением:



Содержание в электролите серной кислоты и плотность электролита уменьшаются при разряде и увеличиваются при заряде. По плотности электролита судят о степени разряженности свинцового аккумулятора:

$$\Delta C_p = \frac{100(\rho_3 - \rho_{25})}{\rho_3 - \rho_p},$$

где  $\Delta C_p$  – степень разряженности аккумулятора, %;

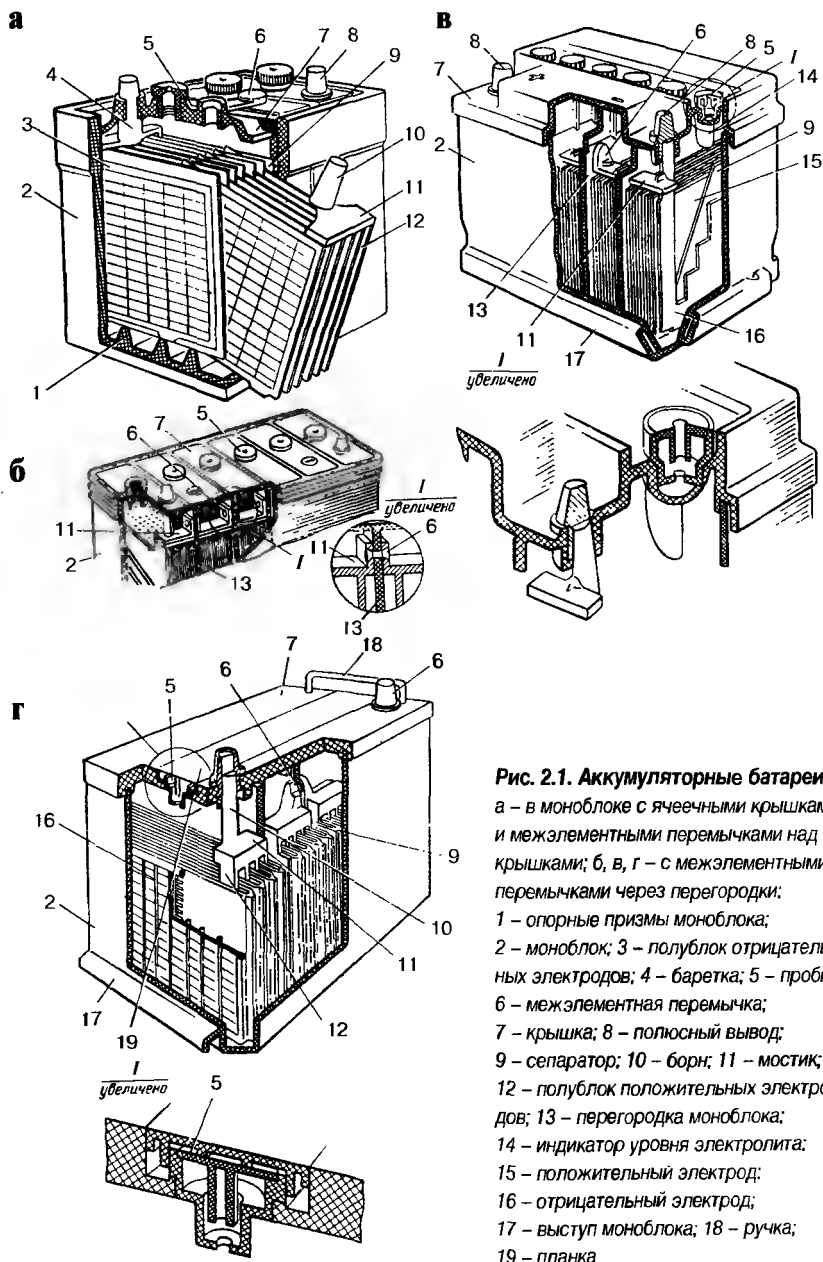
$\rho_3$  и  $\rho_p$  – плотность электролита соответственно полностью заряженного и полностью разряженного аккумулятора при температуре  $25^\circ\text{C}$ , г/см<sup>3</sup>;

$\rho_{25}$  – измеренная плотность электролита, приведенная к температуре  $25^\circ\text{C}$ , г/см<sup>3</sup>.

Расход кислоты у положительных электродов больше, чем у отрицательных. Если учитывать количество воды, образующейся у положительных электродов, то количество кислоты, необходимое для них в течение разряда, в 1,6 раза больше, чем для отрицательных. При разряде происходит незначительное увеличение объема электролита, а при заряде – уменьшение (около 1 см<sup>3</sup> на 1 А·ч). На 1 А·ч электрической емкости расходуется: при разряде – свинца 3,86 г, диоксида свинца 4,44 г, серной кислоты 3,67 г, а при заряде – воды 0,672 г, сульфата свинца 11,6 г.

## 2.4. Устройство и конструктивные схемы батарей

Различные типы стартерных аккумуляторных батарей имеют свои конструктивные особенности, однако в их устройстве много общего. По конструктивно –



функциональному признаку выделяют батареи: обычной конструкции – в моноблоке с ячейчными крышками и межэлементными перемычками над крышками; батареи в моноблоке с общей крышкой и межэлементными перемычками под крышкой; батареи необслуживаемые – с общей крышкой, не требующие ухода в эксплуатации.

Свинцовый аккумулятор, как обратимый химический источник тока, состоит из блока разноименных электродов, помещенных в сосуд, заполненный электролитом. Стартерная батарея в зависимости от требуемого напряжения содержит несколько последовательно соединенных аккумуляторов.

В стартерных батареях собранные в полублоки 3 и 12 (рис 2.1) положительные 15 и отрицательные 16 электроды (пластины) аккумуляторов размещены в отдельных ячейках моноблока (корпуса) 2. Разнополярные электроды в блоках разделены сепараторами 9. Батареи обычной конструкции выполнены в моноблоке с ячейчными крышками 7. Заливочные отверстия в крышках закрыты пробками 5. Межэлементные перемычки 6 расположены над крышками. В качестве токоотводов предусмотрены полюсные выводы 8. Кроме того, в батарее может быть размещен предохранительный щиток. В конструкции батареи предусматривают и дополнительные крепежные детали.

### Электроды

Электроды в виде пластин намазного типа имеют решетки, ячейки которых заполнены активными веществами. В полностью заряженном свинцовом аккумуляторе диоксид свинца положительного электрода имеет темно-коричневый цвет, а губчатый свинец отрицательного электрода – серый цвет.

Решетки электродов выполняют функции подвода тока к активному веществу и механического удержания активного вещества. Решетки электродов имеют рамку 2 (рис 2.2), вертикальные ребра и горизонтальные жилки 4, ушки 1 и по две опорные ножки 3 (кроме решеток отрицательных электродов необслуживаемых батарей). Ре-

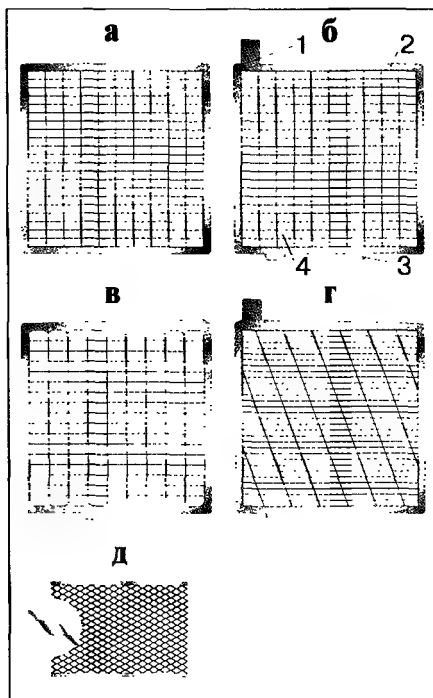


**Рис. 2.2. Решетки аккумуляторных электродов:**  
а, б – соответственно отрицательных и положительных электродов необслуживаемых батарей;  
в, г – соответственно отрицательных и положительных электродов традиционных батарей;  
д – с металлической оцинкованной сеткой;  
1 – ушко; 2 – рамка; 3 – ножки; 4 – вертикальные ребра и горизонтальные жилки

бра могут быть и наклонными. Профиль ребер и жилок обеспечивает легкое извлечение решетки из литейной формы. Горизонтальные жилки по толщине обычно меньше вертикальных ребер и располагаются в шахматном порядке. Рамка, как правило, намного массивнее жилок.

Освинцованная сетка металлической решетки с увеличенной поверхностью (рис. 2.2, д) имеет лучшее сцепление с активным веществом электрода, уменьшая действие коррозии и увеличивая срок службы батареи.

Решетка электрода должна обеспечивать равномерное распределение тока по всей массе активных материалов, поэтому имеет форму, близкую к квадратной.

Толщина решеток электродов выбирается в зависимости от режимов работы и установленного срока службы аккумуляторной батареи. Решетки отрицательных электродов имеют меньшую толщину, так как они в меньшей степени подвержены деформации и коррозии. Масса решетки составляет до 50% массы электрода.

Решетки электродов изготавливают методом литья из сплава свинца и сурьмы с содержанием сурьмы от 4 до 5% и добавлением мышьяка (0,1–0,2%). Сурьма увеличивает стойкость решетки против коррозии, повышает ее твердость, улучшает текучесть сплава при отливке решеток, снижает окисление решеток при хранении. Добавка мышьяка снижает коррозию решеток. Однако сурьма оказывает каталитическое воздействие на электролиз воды, содержащейся в электролите, снижая потенциалы разложения воды на водород и кислород до рабочих напряжений генераторной установки. Наличие сурьмы в решетках положительных пластин приводит в процессе эксплуатации батареи к переносу части сурьмы на поверхность активной массы отрицательных пластин и в электролит, что сказывается на повышении потенциала отрицательной пластины и понижении электродвижущей силы (ЭДС) в процессе эксплуатации. При постоянном напряжении генератора понижение ЭДС батареи приводит к повышению зарядного тока, расходу воды и обильному газовыделению.

Для снижения интенсивности газообразования решетки электродов для необслуживаемых аккумуляторных батарей изготавливают из свинцово-кальциево-оловянистых или малосурьмянистых (до 2,5% сурьмы) сплавов. Содержание 0,05–0,09% кальция, 0,5–1% олова, а также добавление 1,5% кадмия обеспечивают повышение напряжения начала газовыделения до 2,45 В и в 15–17 раз снижает потерю воды от электролиза. Это позволяет контролировать и корректировать уровень электролита в необслуживаемой батарее не чаще одного раза в год. Отсутствие выделений взрывоопасных смесей водорода и кислорода облегчает задачу утепления и обогрева батарей.

Ячейки решеток электродов заполнены пористым активным веществом (пастой). Основой пасты электродов является свинцовый порошок, замешиваемый в водном растворе серной кислоты. С целью увеличения прочности активного вещества в пасту для положительных электродов добавляют полипропиленовое волокно. Уплотнение активного вещества отрицательных электродов в процессе эксплуатации предотвращается благодаря добавлению в пасту расширителей (сажа, дубитель БНФ, гумматы, получаемые из торфа и т.д.) в смеси с сернокислым барием.

Тестообразную пасту вмазывают в решетки электродов. После намазки,

прессования и сушки электроды подвергают электрохимической обработке (формированию).

Пористая структура активного вещества после формирования электродов обеспечивает лучшее проникновение электролита в глубинные слои и повышает коэффициент использования активных материалов. Активная поверхность пористого вещества (поверхность, непосредственно контактирующая с электролитом) в сотни раз превышает геометрическую поверхность электрода.

Отрицательные и положительные электроды с помощью бареток соединяют в полублоки. Баретки имеют мостики, к которым своими ушками

привариваются решетки электродов и выводные штыри (борны). Борны являются токоотводами полублоков пластин. Мостики обеспечивают необходимый зазор между электродами. Число параллельно соединенных электродов в полублоках увеличивается с возрастанием номинальной емкости аккумулятора.

Полублоки объединены в блоки электродов. В зависимости от предъявляемых к батарее требований соотношение между количеством положительных и отрицательных электродов может быть различным, однако число разнополярных электродов отличается не более чем на единицу. Число отрицательных электродов в блоках на один больше, чем положительных. В токообразующих реакциях участвует относительно большее количество активного вещества положительных электродов. Находясь между двумя отрицательными электродами, положительный электрод при заряде и разряде меньше деформируется. При таком счете пластин положительные электроды, как правило, на 10–20% толще отрицательных, а крайние отрицательные электроды имеют толщину на 40% меньше положительных. В некоторых батареях количество разнополярных электродов одинаково или больше числа положительных электродов. В этих случаях электроды имеют одинаковую толщину. Электродный блок с большим числом положительных пластин имеет меньшую материалоемкость.

В некоторых конструкциях батарей блок электродов (рис. 2.3) дополнительно крепится к баретке 1 с помощью полиуретана 2, что значительно повышает стойкость батареи к вибрации.

### Сепараторы

Электроды в блоках разделены сепараторами. Сепараторы предотвращают короткое замыкание между разнополярными электродами, обеспечивают необходимый для высокой ионной проводимости запас электролита в междueleктродном пространстве и предотвращают возможность переноса электролита от

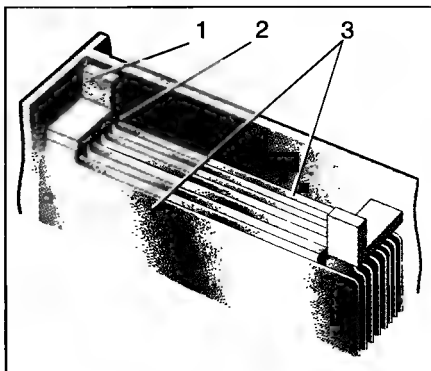


Рис. 2.3. Крепление блока электродов к баретке с помощью полиуретана:

1 – баретка; 2 – полиуретан; 3 – блок электродов



одного электрода к другому. Кроме того, сепараторы фиксируют зазор между электродами и исключают вероятность их сдвига при тряске и вибрации.

Качество сепараторов оказывает существенное влияние на работу свинцового аккумулятора. От омического сопротивления сепараторов зависит внутреннее падение напряжения в батарее и уровень напряжения на выводах электростартера. Сепараторы замедляют оплывание активного вещества положительных электродов и скорость сульфатации отрицательных электродов, продлевая срок службы батареи.

Сепараторы должны обладать высокой пористостью, достаточной механической прочностью, кислотостойкостью, эластичностью, минимальной гигроскопичностью при длительном хранении батареи в сухозаряженном состоянии и сохранять свои свойства в широком диапазоне температур. Электросопротивление сепаратора, пропитанного электролитом, должно быть минимальным по отношению к сопротивлению такого же по объему и геометрическим размерам слоя электролита. Для массовых автомобильных батарей важна также дешевизна и доступность сырья, простота изготовления.

В свинцовых аккумуляторах применяют сепараторы из мипора, мипласта, поровинила, пластипора и винипора (табл. 2.1). В стартерных свинцовых аккумуляторных батареях устанавливают сепараторы из мипора и мипласта.

Мипор (микропористый эбонит) получают в результате вулканизации смеси натурального каучука с силикагелем и серой. К недостаткам сепараторов из мипора относятся хрупкость, малая скорость пропитки электролитом, дефицит-

**Таблица 2.1. Показатели сепараторов свинцовых аккумуляторов из разных материалов**

| Показатель                               | Мипор               | Мипласт | Пластипор                   | Поровинил | Винипор          |
|------------------------------------------|---------------------|---------|-----------------------------|-----------|------------------|
| Объемная пористость, %                   | 50–55               | 39–42   | 80–85                       | 80–85     | 77–85            |
| Максимальный диаметр пор, мкм            | 3–5                 | 30–40   | 15–25                       | 25–50     | 1,5–4            |
| Средний диаметр пор, мкм                 | 0,1–0,2             | 10–14   | 5–6                         | 5–12      | 0,3–0,5          |
| Относительное электросопротивление       | 4,5–5,5             | 4–5     | 2,5–3,5                     | 3,5–4     | 3–5              |
| Коэффициент извилистости пор *           | 1,6                 | 1,3–1,4 | 1,7                         | 1,68–1,73 | 1,76–2,06        |
| Сопротивление разрыву, Н/см <sup>2</sup> | 150–400             | 180–400 | 180–300                     | 200–500   | более 220        |
| Эластичность                             | При изгибе ломается | Хрупкий | Удовлетворительно эластичен | Эластичен | Весьма эластичен |

\* – коэффициент извилистости пор показывает, во сколько раз средняя длина пор больше, чем толщина сепаратора.

ность сырья и большая стоимость.

Мипласт или микропористый полихлорвинил изготавливают из полихлорвиниловой смолы путем спекания. Технологический процесс изготовления сепараторов из мипласта проще, сырье менее дефицитно. Мипласт быстро пропитывается электролитом, обладает низким относительным электросопротивлением и достаточной механической прочностью. Имея меньшую пористость и больший диаметр пор по сравнению с мипором, мипласт менее стоек к образованию токопроводящих мостиков между электродами. Срок службы аккумуляторных батарей с сепараторами из мипласта меньше.

Сепараторы из мипора и мипласта не должны иметь влажность более 2%, а также сквозных микроотверстий, которые можно обнаружить при просвечивании электрической лампой мощностью 100 Вт, расположенной на расстоянии 100 мм от сепаратора.

Механическую прочность сепаратора оценивают по сопротивлению на разрыв, по способности выдерживать изгиб вокруг валика диаметром 60 мм (сепараторы из мипора) и диаметром 45–60 мм (сепараторы из мипласта).

Сепараторы из мипора и мипласта представляют собой тонкие (1–2 мм) прямоугольные пластины с трапециевидными, круглыми или овальными вертикальными выступами (рис. 2.4), которые обращены к положительному электроду для лучшего доступа к нему электролита. Небольшие ребра высотой 0,15–0,2 мм со стороны, обращенной к отрицательному электроду, снижают вероятность «прорастания» сепаратора, улучшают условия диффузии и конвекции электролита около отрицательного электрода.

Размеры сепараторов из мипора и мипласта на 3–5 мм по ширине и на 9–10 мм по высоте больше, чем у электродов. Это исключает появление токопроводя-

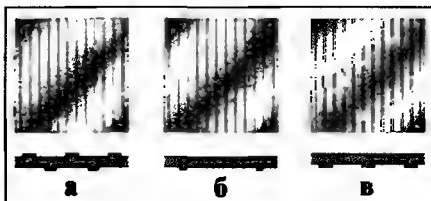


**Рис. 2.4. Сепараторы свинцовых стартерных аккумуляторных батарей:**

а – из мипора; б – из мипласта; в – полиэтиленовый

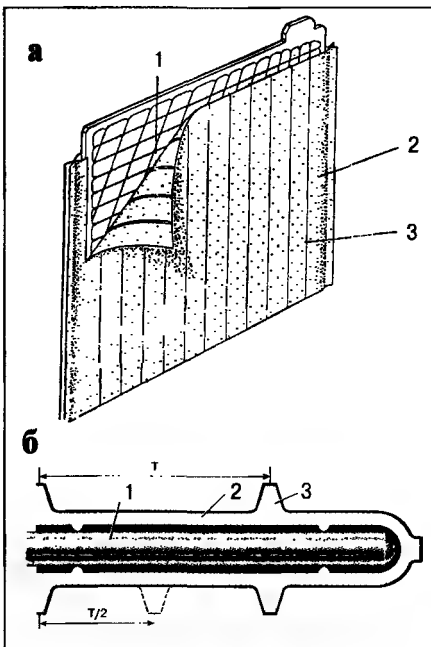


**Рис. 2.5. Сепаратор-конверт:**

а – размещение электрода в сепараторе-конверте; б – сечение сепаратора-конверта с электродом; 1 – положительный электрод; 2 – сепаратор; 3 – ребра сепаратора; Т – расстояние между ребрами сепаратора

щих мостиков по торцам пластин и сепараторов.

В необслуживаемых батареях применяют пленочные сепараторы и сепараторы-конверты (рис. 2.5), образуемые двумя сваренными с трех сторон пластиковыми сепараторами.

При установке в сепаратор-конверт одного из аккумуляторных электродов, например, отрицательного, замыкание электродов разноименной полярности шламом исключается. Это позволяет устанавливать блоки электродов непосредственно на дно моноблоков без призм и шламового пространства. При сохранении высоты батареи можно более чем в 2 раза увеличить высоту  $h$  (рис. 2.6) слоя электролита над электродами в ячейках моноблока и, следовательно, ту часть объема электролита, которая может быть израсходована в период эксплуатации между очередными добавками дистиллированной воды. При исправном электрооборудовании и отсутствии нарушений в эксплуатации необходимость в добавлении воды в батарею может возникнуть не чаще 1 раза в 1–2 года.

### Моноблоки. Крышки. Пробки

Моноблоки стартерных аккумуляторных батарей изготавливают из эбонита или другой пластмассы. Тяжелые и хрупкие моноблоки из эбонита в настоящее время заменяются моноблоками из термопласта (наполненного полиэтилена), полипропилена и полистирола. Высокая прочность полипропилена позволила уменьшить толщину стенок до 1,5–2,5 мм и тем самым уменьшить массу моноблока и батареи. Тонкие стенки моноблока из полипропилена делают более жесткими за счет рационального выбора конструктивных форм моноблоков. Достаточная прозрачность полипропилена упрощает контроль уровня электролита в батарее.

Внутри моноблок разделен прочными непроницаемыми перегородками 2 (рис. 2.7) на отдельные ячейки по числу аккумуляторов в батарее. В ячейках моноблока размещают собранные в блоки электроды и сепараторы. В батареях с обычными сепараторами на дне каждой

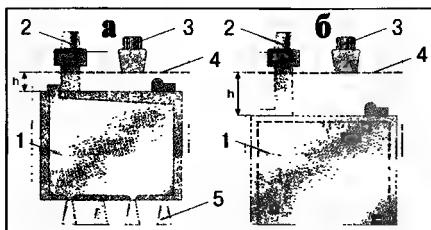


Рис. 2.6. Схемы расположения электродов в аккумуляторных батареях:

а – обычных; б – необслуживаемых; 1 – блок электродов; 2 – вывод; 3 – пробка; 4 – уровень электролита; 5 – призмы моноблока;  $h$  – высота слоя электролита над пластинами в ячейках моноблока

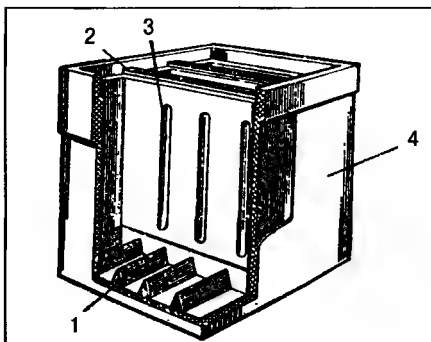


Рис. 2.7. Моноблок батареи обычной конструкции с ячейечными крышками:

1 – опорные призмы; 2 – перегородка; 3 – выступы-пилястры; 4 – моноблок

ячейки предусмотрены четыре призмы 1, образующие пространство для шлама (активных веществ электродов, осыпающихся при работе батареи на дно ячейки). На опорные призмы своими ножками устанавливаются электроды (разноименные электроды на свои две призмы), что исключает их короткое замыкание шламом. На перегородках моноблока предусмотрены вертикальные выступы (пиластры) 3 для лучшей циркуляции электролита у электродов, прилегающих к перегородкам.

При использовании эбонита для изготовления моноблока, крышки и других корпусных деталей, масса их достигает 15–18% от полной массы аккумуляторной батареи. Кроме того, эбонит отличается повышенной хрупкостью при низких (отрицательных) температурах. Достаточная механическая прочность моноблока из эбонита достигается лишь при толщине стенок до 9–12 мм. Соответственно, при большой толщине стенок масса эбонитового моноблока доходит до 5–12 кг.

Применение морозоустойчивого полипропилена (сополимера пропилена с этиленом), дало возможность при сохранении достаточной механической прочности при отрицательных температурах существенно уменьшить массу моноблока (более чем в 5 раз). Толщина стенок моноблоков из пластмасс уменьшилась до 1,5–3,5 мм.

В каждом аккумуляторе батареи, кроме необслуживаемых, устанавливают перфорированные предохранительные щитки из эбонита или пластмассы. Они предохраняют верхние кромок пластин и сепараторов от повреждений при измерении плотности, температуры и уровня электролита.

Крышки из эбонита или пластмассы различного конструктивного исполнения могут закрывать отдельные аккумуляторные ячейки (рис. 2.8).

Наиболее распространена конструкция крышки с двумя крайними отверстиями для вывода борнов блоков электродов и одним средним резьбовым отвер-

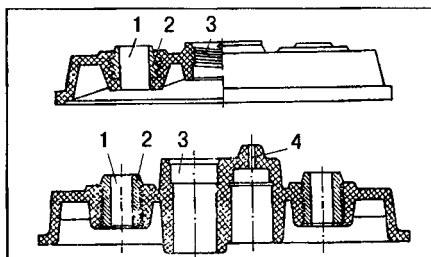


**Рис. 2.8. Крышки для отдельной аккумуляторной ячейки моноблока:**

1 - отверстие для вывода борна; 2 - свинцовая втулка; 3 - отверстие для заполнения ячейки моноблока электролитом (заливочная горловина), 4 - вентиляционное отверстие

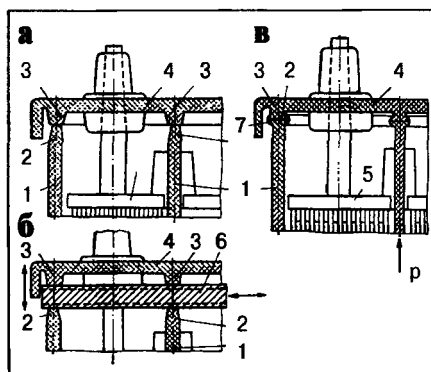


**Рис. 2.9. Соединение общей крышки с моноблоком методом контактно-тепловой сварки:**

а - установка крышки на батарею; б - контактный разогрев свариваемых поверхностей; в - вид готового сварного соединения; 1 - моноблок; 2 - разогреваемая для сварки часть моноблока; 3 - разогреваемая для сварки часть крышки; 4 - общая крышка; 5 - электродный блок; 6 - разогретый электрод; 7 - место сварки

стием для заливки электролита в аккумуляторные ячейки и контроля его уровня. В крайние отверстия отдельных крышек запрессованы свинцовые втулки.

В местах стыка отдельных крышек со стенками моноблока эбонитовые аккумуляторные батареи герметизируются битумной мастикой. Мастика должна быть химически стойкой и эластичной, иметь низкую температуру плавления, при температурах от  $-40$  до  $60^{\circ}\text{C}$  не должна отставать от стенок моноблока и крышек, разрываться и трескаться.

Общие крышки из пластмассы приваривают или приклеивают к моноблокам (рис 2.9). Контактно-тепловая сварка пластмассового моноблока и общей крышки обеспечивает надежную герметизацию во всем диапазоне температур окружающей среды, на который рассчитана эксплуатация аккумуляторной батареи. Такой способ соединения общей крышки с пластмассовым моноблоком применен в батарее 6СТ-190А для тяжелых грузовиков с дизелями.

Заливочные отверстия в крышках унифицированы по группам с метрической резьбой М20, М24 и М30 и закрываются пробками с вентиляционными отверстиями—

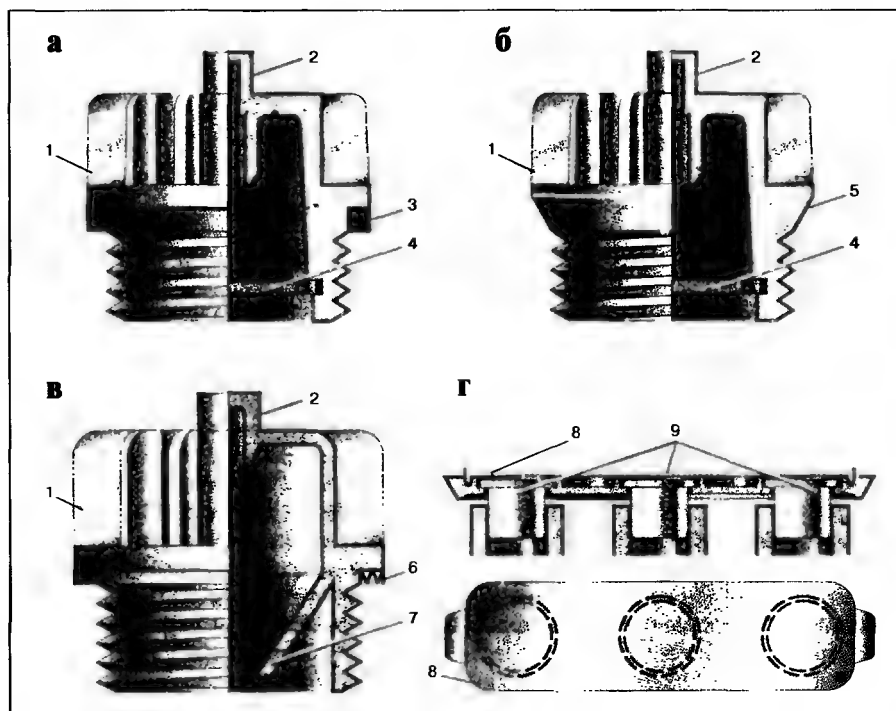


**Рис. 2.10. Пробки аккумуляторных батарей:**

а, б, в — с резьбой; г — блок безрезьбовых пробок; 1 — корпус пробки; 2 — прилив вентиляционного отверстия; 3 — резиновая шайба; 4 — отражатель; 5 — конусный бортик; 6 — пластмассовый уплотнительный элемент; 7 — лепестковый отражатель; 8 — пластмассовая планка; 9 — безрезьбовые пробки

ями. Пробки изготавливают из эбонита, полиэтилена, полистирола или фенолита. Пластмассовые пробки имеют меньшую массу и большую прочность. Чтобы предотвратить вытекание электролита, между уплотнительным бортиком корпуса пробки 1 (рис. 2.10) и заливной горловиной крышки устанавливают резиновую шайбу 3. Герметизация может обеспечиваться также конусным бортиком 5, плотно прилегающим к горловине отверстия в крышке. В новых пробках предусмотрен пластмассовый уплотнительный элемент 6, распложенный на бортике пробки. Пробки имеют встроенные отражатели 4 и 7, которые не позволяют электролиту выплескиваться через вентиляционные отверстия. В пробках новой конструкции отрагатель 7 выполнен в виде лепестков. Для хранения в герметичном состоянии в сухозаряженных батареях над вентиляционным отверстием пластмассовой пробки предусмотрен глухой прилив 2. При вводе батареи в эксплуатацию прилив пробки срезается. Электролит через вентиляционное отверстие не должен выливаться при наклоне аккумуляторной батареи от нормального рабочего положения на угол  $45^\circ$ .

Применение общей крышки (особенно из термопластичных материалов) предоставляет широкие возможности для механизации и автоматизации производства аккумуляторных батарей, а также для конструктивных усовершенствований, позволяющих облегчить обслуживание батареи в эксплуатации. Конструк-

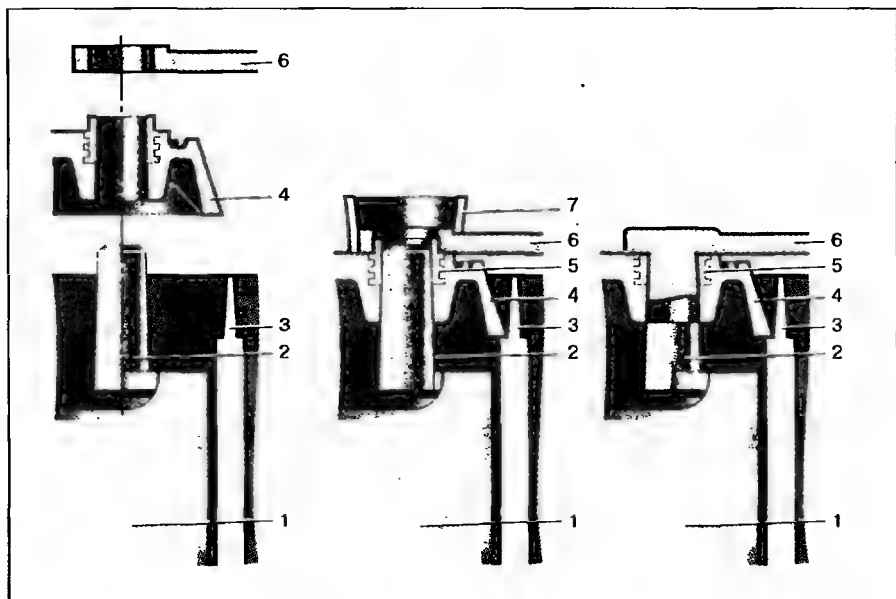


**Рис. 2.11. Стадии пайки межэлементных перемычек и втулки крышки с выводным борном блока электродов:**

1 - блок электродов; 2 - выводной борн; 3 - стенка моноблока; 4 - крышка; 5 - втулка крышки; 6 - межэлементная перемычка; 7 - шаблон для пайки межэлементной перемычки

ция некоторых крышек из полипропилена обеспечивает централизованную заливку электролита в батарею и общий газоотвод.

При наличии общей крышки можно устанавливать блок пробок на несколько заливных горловин, которые располагаются выше вентиляционных отверстий. Вытекающий из заливных горловин электролит через вентиляционные отверстия может поступать обратно в ячейки моноблока. Блок пробок может быть выполнен в виде пластмассовой планки 8 (см. рис. 2.10, г), в которую вставлено необходимое число безрезьбовых пробок 9. Пробки могут иметь некоторую свободу перемещения в планке для центрирования их с заливными горловинами. В некоторых конструкциях пробки выполняются заодно с планкой.

### Межэлементные перемычки. Выводы

Для последовательного соединения аккумуляторов в батарее используют межэлементные перемычки, которые припаивают к борнам бареток полублоков в таком порядке, чтобы соединить между собой полублок отрицательных пластин одного аккумулятора с полублоком положительных пластин рядом расположенного аккумулятора. При соединении борна с межэлементной перемычкой к ним приваривается верхняя часть свинцовой втулки, запрессованной в крышке, чем обеспечивается надежное уплотнение отверстий в местах выхода борнов (рис. 2.11).

Межэлементные перемычки из свинцово-сурьмянистого сплава устанавливают снаружи над крышкой, через перегородки под крышкой и пропускают через отверстие в пластмассовой перегородке (рис. 2.12). На рис. 2.13 показано соединение аккумуляторов сквозь отверстие в перегородке 1 моноблока. Аккумуляторы соединяют между собой путем вдавливания металла плоских борнов 2, имеющих трапецеидальную форму. Борны располагают около отверстия в перегородке и далее с помощью пуансонов 4 в сварочных клещах часть металла борнов вдавливают в отверстия до появления электрического контак-

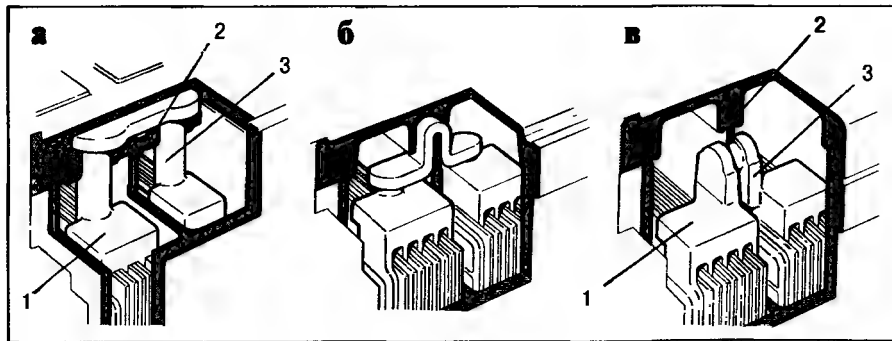


**Рис. 2.12. Межэлементные перемычки аккумуляторных батарей:**

**а** – наружные над крышкой; **б** – внутренние над перегородкой под крышкой; **в** – внутренние через отверстия в перегородке; 1 – мостик баретки; 2 – перегородка моноблока; 3 – борн баретки

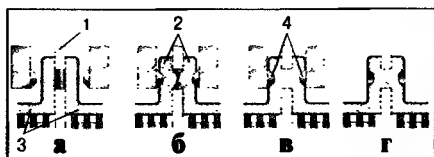


**Рис. 2.13.** Схема соединения аккумуляторов через отверстие в перемычке посредством точечной контактной электросварки:

а – исходное состояние (перед сваркой); б – выдавливание металла до создания электрического контакта; в – точечная электросварка стыка; г – готовое соединение; 1 – перегородка моноблока; 2 – борн баретки; 3 – мостик бареток; 4 – пуансоны в сварочных клещах

та между борнами соседних аккумуляторов. После появления контакта между соседними борнами в отверстии перегородки к сварочным клещам подается электрический ток для контактной сварки борнов. Описанный процесс соединения аккумуляторов через перегородки обеспечивает однородную структуру межэлементной перемычки и герметичность между аккумуляторами.

Повышенную устойчивость к механическим нагрузкам (тряска, вибрация) обеспечивает другой способ соединения аккумуляторов в батарее, применяемый при производстве батарей 6СТ-190А. Процесс осуществляется в две стадии. Перегородки 1 (рис. 2.14) моноблока имеют в верхней части углубления (пазы) 2, через которые сначала с помощью специальной литейной формы 7 место сварки борнов герметизируется пластмассой, из которой изготовлен моноблок. Вокруг соединения образуется своеобразный чехол, который служит также дополнительным упором для блока электродов 6.

Укороченные межэлементные перемычки через перегородки полиэтиленовых и полипропиленовых моноблоков позволяют уменьшить внутреннее сопротивление батареи (рис. 2.15) и расход свинцового сплава. Снижение потерь напряжения на соединительных деталях позволяет иметь на 0,1–0,3 В большее напряжение на выводах батареи при ее работе в стартерном режиме. Расход свинцово-сурьмянистых сплавов снижается на батареях до 100 А·ч на 0,5–0,9 кг, а на батареях емкостью свыше 100 А·ч – на 1,5–3 кг. Стартерные

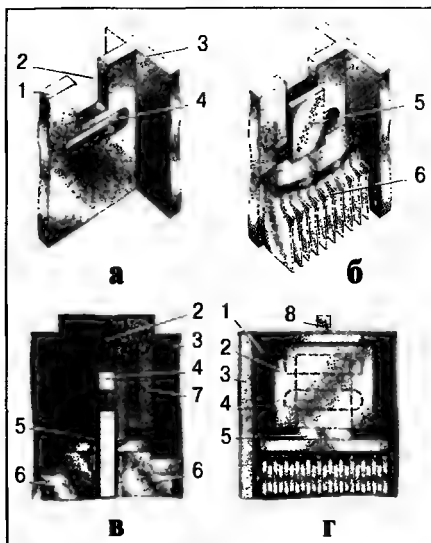


**Рис. 2.14.** Способ соединения аккумуляторов в батарею посредством газовой сварки и герметизации пластмассой:

а – перегородка моноблока с углублением и отверстием; б – установка в моноблок электродных блоков перед сваркой; в – установка после газовой сварки борнов соседних блоков литейной формы для герметизации пластмассой; г – вид готового соединения аккумуляторов; 1 – перегородка моноблока; 2 – углубление в перегородке для соединения борнов; 3 – стенка моноблока; 4 – отверстие в перегородке; 5 – борны-межэлементные перемычки; 6 – электроды; 7 – литейная форма для пластмассы; 8 – остаток литника



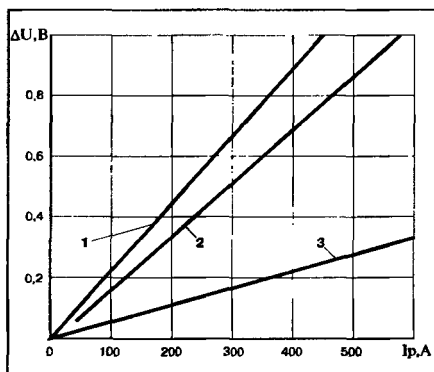


**Рис. 2.15.** Зависимость омических потерь напряжения  $\Delta U$  от разрядного тока  $I_p$  при различных способах соединения аккумуляторов: 1 – над крышкой; 2 – под крышкой; 3 – через перегородку

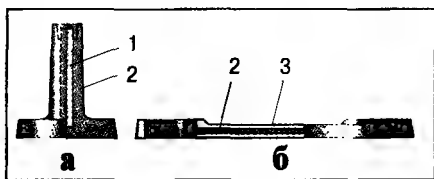


**Рис. 2.16.** Токоведущие детали батарей с медными вкладышами:

а – борн; б – перемычка; 1 – медный стержень борна; 2 – свинцово-сурьмянистый сплав; 3 – медная пластина перемычки

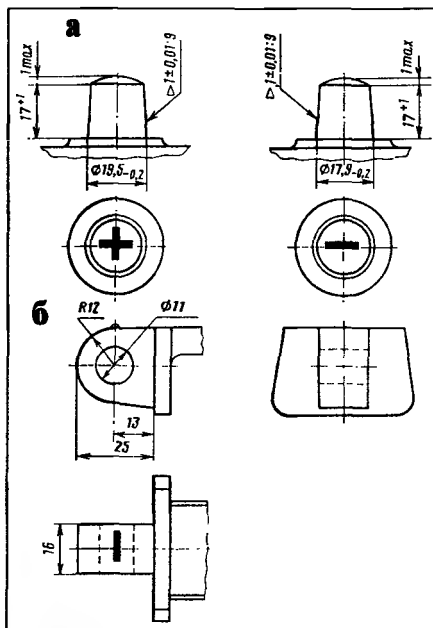


**Рис. 2.17.** Полюсные выводы стартерных аккумуляторных батарей:

а – конусные; б – с отверстиями под болт

которым капитальный ремонт экономически нецелесообразен.

С целью уменьшения внутреннего падения напряжения в аккумуляторных батареях большой емкости борны и межэлементные перемычки выполняются в виде освинцованных стержней из меди, имеющей в 12 раз большую электропроводность по сравнению со свинцово-сурьмянистыми сплавами (рис. 2.16).

Поперечные сечения борнов и межэлементных перемычек автомобильных батарей выбираются из условия ограничения падения напряжения на каждом из борнов до 16 мВ и на межэлементных перемычках – до 20 мВ.

К выводным борнам крайних аккумуляторов приваривают конусные полюсные выводы. Размеры выводов стандартизованы (рис. 2.17). Диаметр конуса у основания положительного вывода на 2 мм больше, чем у отрицательного. Этим исключается вероятность неправильного включения батареи в систему электрооборудования. Некоторые аккумуляторные батареи имеют полюсные выводы с отверстиями под болты или оба типа выводов.

Узлы пайки и токоведущие детали батарей должны выдерживать прерывистый разряд током силой  $9C_{20}$  ( $C_{20}$  – номинальная емкость батареи при двадцатичасовом разряде), но не выше силы разрядного тока 1700 А в течение четырех циклов.

### Детали крепления и переносные устройства

Для удобства размещения аккумуляторных батарей на автомобилях необходима унификация их размеров по ширине и высоте, что связано с унификацией размеров электродов. В некоторых случаях необходима унификация и по длине батареи. Это позволяет без переделки посадочных мест устанавливать на автомобилях одной модели батареи разной емкости в зависимости от назначения машины и условий ее эксплуатации. В этих же целях желательно применять крепление батарей за выступы в нижней части моноблока вдоль длинной стороны для батарей емкостью до 100 А·ч и по ширине – при большей емкости. Выступы отливаются как одно целое с моноблоком или изготавливаются отдельно и соединяются с моноблоком методом контактно-тепловой сварки.

Аккумуляторные батареи большой емкости снабжают ручками для переноски, прикрепленными к моноблоку с помощью специальных металлических скоб, накладок и винтов. Такая конструкция требует дополнительной оснастки для изготовления крепежных деталей переносных устройств и увеличивает трудоемкость изготовления батарей. Проще выполнить переносные устройства только с ручками, расположенными в отверстиях бортика моноблока. Ручки могут быть жесткими или гибкими, перемещаться в вертикальном направлении и поворачиваться на некоторый угол по горизонтали. Переносные устройства и места их крепления должны выдерживать нагрузку, равную двукратной массе батареи с электролитом.

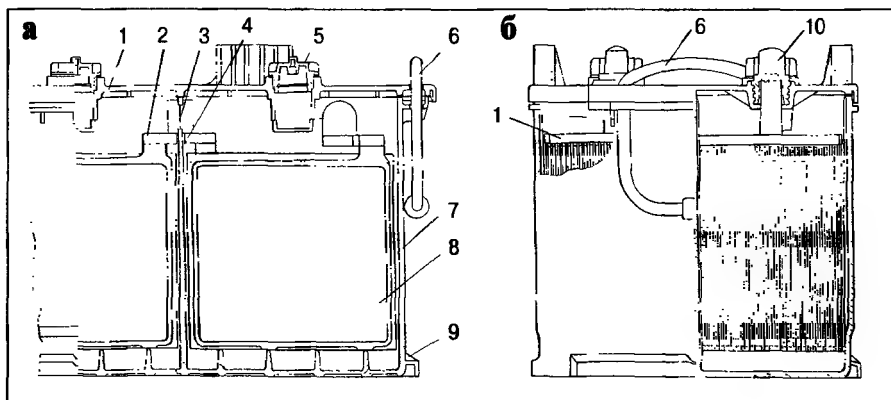


**Рис. 2.18. Аккумуляторная батарея 6СТ-190А:**

а – продольный разрез; б – поперечный разрез; 1 – крышка; 2 – мостик; 3 – межэлементная перемычка; 4 – перегородка моноблока; 5 – пробка; 6 – ручка переносного устройства; 7 – моноблок; 8 – блок электродов; 9 – выступы моноблока; 10 – полюсный вывод

Конструкция стартерной свинцовой аккумуляторной батареи 6СТ–190А для грузовых автомобилей с моноблоком 7, единой крышкой 1 и пробками 5 из пластических материалов, с межэлементными перемычками 3 через перегородки 4, крепежными выступами 9 в нижней части моноблока и переносным устройством с ручкой 6 приведена на рис. 2.18.

### **Необслуживаемые батареи**

Термином «необслуживаемые» характеризуют стартерные аккумуляторные батареи, не требующие добавления электролита в процессе эксплуатации, обладающие высокими электрическими характеристиками и большим сроком службы по сравнению с обычными батареями.

Обычные стартерные свинцовые батареи имеют достаточно высокие удельные электрические характеристики, однако обладают рядом существенных недостатков.

В результате электролиза воды во время эксплуатации свинцовой батареи снижается уровень электролита, что требует периодического (1–2 раза в месяц) добавления дистиллированной воды. Электролитическое разложение воды происходит при заряде, особенно интенсивно при перезарядках. Кроме того, вода из электролита испаряется при повышенных температурах окружающей среды.

Во время перерывов в эксплуатации автомобилей происходит саморазряд (постепенная потеря емкости при длительном бездействии) батареи. В сутки саморазряд может составить 0,5–0,8%. В конце срока службы суточный саморазряд батареи может возрасти до 4%. Это приводит к необходимости ежемесячного подзаряда батареи во время хранения батарей, залитых электролитом.

Потребность в периодическом добавлении дистиллированной воды и подзаряде батарей при длительном хранении увеличивает объемы обслуживания их в эксплуатации, требует дополнительных затрат на оборудование, инструмент, материалы, соответствующих производственных площадей и квалифицированного персонала. Все эти трудности с обслуживанием батарей усугубляются при длительной эксплуатации автомобилей вне парков.

Срок службы свинцовых аккумуляторных батарей ограничивается в основном коррозией решеток электродов. Кроме того, электролиз воды с выделением активного кислорода способствует ускоренной коррозии решеток положительных электродов. Интенсивность электролиза электролита и сопутствующей ему коррозии решеток возрастает при перезаряде, повышении температуры и старении батареи. Следовательно, в эксплуатации необходимо принимать специальные меры для ограничения верхнего предела регулируемого напряжения генераторной установки.

Следует также иметь в виду, что выделяемая при работе свинцовой аккумуляторной батареи кислородно–водородная смесь взрывоопасна, газы и пары электролита могут вызвать коррозию металлических деталей автомобиля, расположенных рядом с батареей, а вещества, образующиеся при работе батареи, например, стибин (сурьмянистый водород) – токсичны.

Отмеченные недостатки, характерные для обычных (традиционных) аккумуляторных батарей, связаны с наличием 5–7% сурьмы в сплаве свинца, из которого отливаются решетки электродов. Легирование свинца сурьмой обеспечивает не-

обходимую механическую прочность решеток, что очень важно для автомобильных батарей, работающих в условиях вибрации и тряски. Добавление 5% сурьмы более чем в 2 раза увеличивает твердость решеток и в 3–4 раза – сопротивление разрыву. Кроме сурьмы, в сплав вводится также 0,1–0,2% мышьяка. Это способствует образованию благоприятной кристаллической структуры сплава и повышает коррозионную стойкость положительных решеток электродов.

Выделение водорода при газообразовании происходит на отрицательных электродах, а кислорода – на положительных. Активное газовыделение происходит в основном при заряде, а также при разряде или длительном бездействии аккумуляторной батареи. Газовыделение в процессе разряда и при длительном бездействии связано с реакциями, вызывающими саморазряд батареи.

Интенсивность газовыделения зависит от соотношения между величиной фактического напряжения на электроде и напряжением (перенапряжением), при котором начинается газовыделение. Чем больше напряжение на электроде превышает величину напряжения, при котором начинается газовыделение, тем больше выделяется водорода и кислорода. С другой стороны, на напряжение начала газовыделения оказывают влияние различные примеси, содержащиеся в решетках и активной массе пластин.

Сурьма в сплаве положительных пластин способствует более интенсивному выделению кислорода, и, одновременно, электрохимическому переносу и отложению сурьмы на поверхности отрицательного электрода. Присутствие даже небольшого количества сурьмы на поверхности отрицательного электрода приводит к заметному росту выделения водорода.

Снижение напряжения начала газовыделения до 14,4 В при наличии сурьмы в решетках пластин является основной причиной того, что на автомобилях при рекомендуемых уровнях регулируемого напряжения генераторных установок газовыделение начинается до того, как батарея обычной конструкции будет полностью заряжена.

Появление необслуживаемых батарей стало возможным благодаря применению решеток из свинцово-кальциево-оловянистых сплавов и свинцово-сурьмянистых сплавов с уменьшенным содержанием сурьмы.

Необслуживаемые батареи со свинцово-кальциево-оловянистыми и мало-сурьмянистыми сплавами отличаются не только малыми газовыделением и саморазрядом, но и рядом других преимуществ. Эти батареи можно устанавливать в местах, не требующих удобного доступа для обслуживания. Меньше вероятность выхода их из строя вследствие коррозии решеток электродов. Батареи имеют лучшие зарядные характеристики и характеристики стартерного режима разряда. Срок эксплуатации необслуживаемых батарей без добавления электролита может достигать 400–500 тыс. км пробега автомобиля.

Есть определенные трудности изготовления решеток пластин из свинцово-кальциево-оловянистых сплавов. Кальций в процессе литья выгорает. Поэтому технологически трудно обеспечить очень малое оптимальное содержание кальция (0,06–0,09%) в сплаве. Содержание олова составляет 0,5–1%. От содержания кальция и олова в сплаве решетки зависят ее прочностные и антикоррозионные свойства.

Снижение газовыделения и улучшение механических свойств решеток из

свинцово–кальциевых сплавов достигается также добавлением 1,5% кадмия. Добавлением 1,25% сурьмы в решетки пластин ограничивается образование нежелательных кристаллов древовидной формы.

Из-за технологических трудностей изготовления решеток электродов из сплава свинца, кальция и олова применение нашли батареи с ограниченным объемом обслуживания на основе электродов с пониженным содержанием сурьмы в решетках. Интенсивность газовыделения существенно снижается только при уменьшении содержания сурьмы в сплаве решетки до 2,5–3%. Но уже при содержании сурьмы ниже 4% резко ухудшаются литейные свойства свинцово–сурьмянистого сплава, снижается механическая прочность решетки, возрастает скорость коррозии электродов. Для сохранения необходимых технологических и эксплуатационных свойств малосурьмянистых сплавов в них добавляют медь (0,02–0,05%), серу и селен (до 0,01%). На литейных свойствах сплава благоприятно сказывается присадка олова (до 0,01%).

Лучшие батареи с решетками электродов с малосурьмянистыми сплавами, содержащими другие легирующие добавки, практически являются необслуживаемыми, хотя имеют несколько худшие показатели саморазряда по сравнению с батареями, в которых решетки выполнены из свинцово–кальциево–оловянистых сплавов. Такие батареи также имеют достаточно высокий срок службы и малочувствительны к глубоким разрядам.

В отечественных необслуживаемых батареях по сравнению с обычными батареями содержание сурьмы в сплаве решеток электродов уменьшено в 2–3 раза. Это повысило напряжение начала выделения водорода и кислорода и обеспечило подзаряд батарей без газовыделения практически во всем диапазоне регулируемого напряжения генераторных установок автомобилей. Примерно в 5–6 раз снизилась интенсивность саморазряда батареи (до 0,08–0,1% в сутки).

Необслуживаемые батареи могут выпускаться в герметичном исполнении и не иметь пробок заливных горловин. В этом случае степень разряженности батареи нельзя определить по плотности электролита. В зимнее время возникает опасность замерзания электролита разряженной батареи. Поэтому на герметичные необслуживаемые аккумуляторные батареи устанавливают индикаторы заряженности. При уменьшении степени заряженности ниже определенного уровня меняется цвет видимого пятна индикатора.

## **2.5. Характеристики аккумуляторных батарей**

### **Электродвижущая сила**

ЭДС аккумулятора представляет собой разность электродных потенциалов, измеренную при разомкнутой внешней цепи. Электродный потенциал при разомкнутой внешней цепи состоит из равновесного электродного потенциала и потенциала поляризации. Равновесный электродный потенциал характеризует состояние электрода при отсутствии переходных процессов в электрохимической системе. Потенциал поляризации определяется как разность между потенциалом электрода при заряде и разряде и его потенциалом при разомкнутой внешней цепи. Электродная поляризация сохраняется в аккумуляторе и при от-

сутствии тока после отключения нагрузки от зарядного устройства. Это связано с диффузионным процессом выравнивания концентрации электролита в порах электродов и пространстве аккумуляторных ячеек. Скорость диффузии невелика, поэтому затухание переходных процессов происходит в течение нескольких часов и даже суток в зависимости от температуры электролита. Учитывая наличие двух составляющих электродного потенциала при переходных режимах, различают равновесную и неравновесную ЭДС аккумулятора.

Равновесная ЭДС свинцового аккумулятора зависит от химических и физических свойств активных веществ и концентрации их ионов в электролите.

На величину ЭДС влияет плотность электролита и очень незначительно температура. Изменение ЭДС в зависимости от температуры составляет менее 3–10–4 В/град. Зависимость ЭДС от плотности электролита в диапазоне 1,05–1,30 г/см<sup>3</sup> выглядит в виде формулы:

$$E = 0,84 + \rho,$$

где  $E$  – ЭДС аккумулятора, В;

$\rho$  – приведенная к температуре 5°C плотность электролита, г/см<sup>3</sup>.

С повышением плотности электролита ЭДС возрастает (рис 2.19).

При рабочих плотностях электролита 1,07–1,30 г/см<sup>3</sup> ЭДС не дает точного представления о степени разряженности аккумулятора, так как ЭДС разряженного аккумулятора с электролитом большей плотности будет выше.

ЭДС не зависит от количества заложенных в аккумулятор активных материалов и от геометрических размеров электродов. ЭДС аккумуляторной батареи увеличивается пропорционально числу последовательно включенных аккумуляторов  $m$ :

$$E_{a6} = mE.$$

Плотность электролита в порах электродов и в моноблоке одинакова у аккумуляторов, находящихся в состоянии покоя. Этой плотности соответствует ЭДС покоя. Вследствии поляризации пластин и изменения концентрации электролита в порах электродов относительно концентрации электролита в моноблоке, ЭДС при разряде меньше, а при заряде больше ЭДС покоя. Основной причиной изменения ЭДС в процессе разряда или заряда является изменение плотности электролита, участвующего в электрохимических процессах.

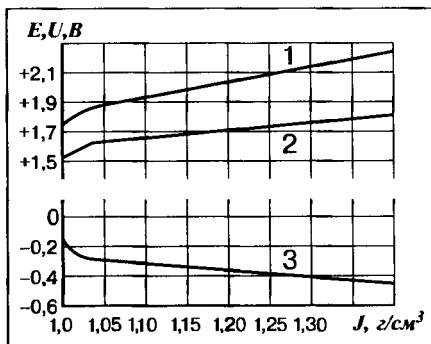


Рис. 2.19. Изменение равновесной ЭДС и электродных потенциалов свинцового аккумулятора в зависимости от плотности электролита: 1 – ЭДС; 2 – потенциал положительного электрода; 3 – потенциал отрицательного электрода

## Напряжение

Напряжение аккумулятора отличается от его ЭДС на величину падения напряжения во внутренней цепи при прохождении разрядного или зарядного тока. При разряде напряжение на выводах аккумулятора меньше ЭДС, а при заряде больше.

Разрядное напряжение

$$U_p = E - I_p \cdot r = E - E_n - I_p \cdot r_0$$

где  $E_n$  – ЭДС поляризации, В;

$I_p$  – сила разрядного тока, А;

$r$  – полное внутреннее сопротивление, Ом;

$r_0$  – омическое сопротивление аккумулятора, Ом.

Зарядное напряжение

$$U_3 = E + I_3 \cdot r = E + E_n + I_3 \cdot r_0$$

где  $I_3$  – сила зарядного тока, А.

ЭДС поляризации связана с изменением электродных потенциалов при прохождении тока и зависит от разности концентраций электролита между электродами и в порах активной массы электродов. При разряде потенциалы электродов сближаются, а при заряде раздвигаются. Изменением разности концентраций электролита обусловлено нелинейное снижение напряжения на начальном участке  $b - c$  (рис. 2.20) разрядной характеристики  $U_p = f(\tau)$ . При включении аккумулятора с начальной ЭДС  $E_0$  на разряд происходит резкий спад напряжения на величину  $\Delta U_0$  (участок  $a - b$  разрядной характеристики), равную падению напряжения на омическом сопротивлении  $r_0$ . Линейному участку  $c - d$  разрядной характеристики соответствует постоянная разность концентраций электролита между электродами и в порах активной массы электродов. Уменьшение напряжения связано со снижением плотности электролита в моноблоке. На линейном участке ЭДС поляризации имеет максимальное значение  $E_{nm}$ .

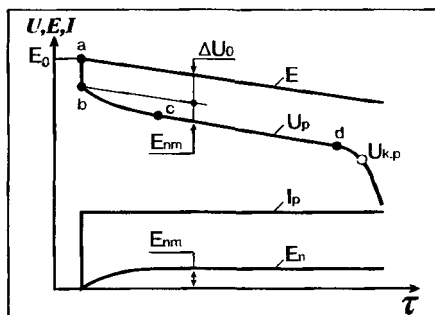


Рис. 2.20. Расчетная разрядная характеристика свинцового аккумулятора

При постоянной силе разрядного тока в единицу времени расходуется определенное количество активных материалов. Плотность электролита уменьшается по линейному закону (рис. 2.21, а). В соответствии с изменением плотности электролита уменьшается ЭДС и напряжение аккумулятора. К концу разряда сернокислый свинец закрывает поры активного вещества электродов, препятствуя притоку электролита из сосуда и увеличивая электросопротивление электродов.

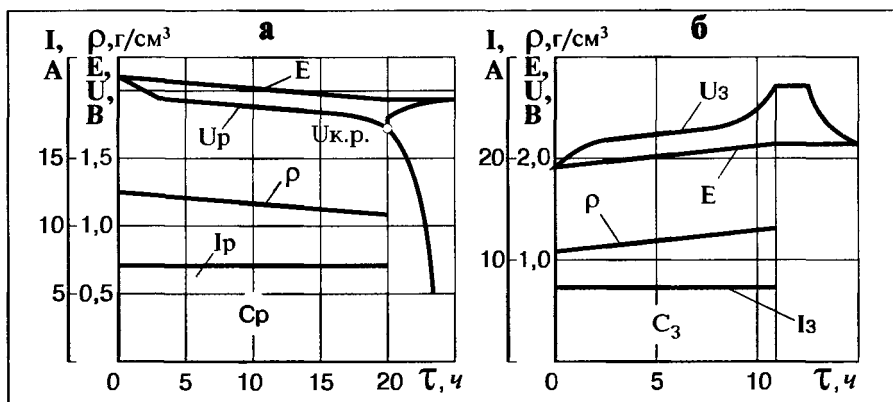


Рис. 2.21. Характеристики свинцового аккумулятора:

а – разрядная; б – зарядная

Равновесие нарушается и напряжение начинает резко падать. Аккумуляторные батареи разряжаются только до конечного напряжения  $U_{k.p.}$ , соответствующего перегибу разрядной характеристики  $U_p=f(\tau)$ . Разряд прекращается, хотя активные материалы израсходованы не полностью. Дальнейший разряд вреден для аккумулятора и не имеет смысла, так как напряжение становится неустойчивым.

После отключения нагрузки напряжение аккумулятора повышается до значения ЭДС, соответствующего плотности электролита в порах электродов. Затем в течение некоторого времени ЭДС возрастает по мере выравнивания концентрации электролита в порах электродов и в объеме аккумуляторной ячейки за счет диффузии. Возможность повышения плотности электролита в порах электродов во время непродолжительного бездействия после разряда используется при пуске двигателя. Пуск рекомендуется осуществлять отдельными кратковременными попытками с перерывами в 1–1,5 мин. Прерывистый разряд способствует также лучшему использованию глубинных слоев активных веществ электродов.

В режиме заряда (рис. 2.21, б) напряжение  $U_3$  на выводах аккумулятора возрастает вследствие внутреннего падения напряжения и повышения ЭДС при увеличении плотности электролита в порах электродов. При возрастании напряжения до 2,3 В активные вещества восстанавливаются. Энергия заряда идет на разложение воды на водород и кислород, которые выделяются в виде пузырьков газа. Газовыделение при этом напоминает кипение. Его можно уменьшить за счет снижения к концу разряда величины зарядного тока.

Часть положительных ионов водорода, выделяющихся на отрицательном электроде, нейтрализуются электронами. Избыток ионов накапливается на поверхности электрода и создает перенапряжение до 0,33 В. Напряжение в конце заряда повышается до 2,6–2,7 В и при дальнейшем заряде остается неизменным. Постоянство напряжения в течение 1–2 ч заряда и обильное газовыделение являются признаками конца заряда.

После отключения аккумулятора от зарядного устройства напряжение пада-



ет до значения ЭДС, соответствующего плотности электролита в порах, а затем снижается, пока выравниваются плотности электролита в порах пластин и в аккумуляторном сосуде.

Напряжение на выводах аккумулятора при разряде зависит от силы разрядного тока и температуры электролита.

При увеличении силы разрядного тока  $I_p$  напряжение снижается быстрее (рис. 2.22, а) вследствие большей разности концентраций электролита в аккумуляторном сосуде и в порах электродов, а также большего внутреннего падения напряжения в батарее. Все это приводит к необходимости более раннего прекращения разряда батареи. Во избежание образования на электродах крупных нерастворимых кристаллов сульфата свинца разряд батарей прекращают при конечном напряжении 1,75 В на одном аккумуляторе при 20-часовом номинальном режиме. В стартерном режиме разряда током силой  $3C_{20}$  при температуре  $25^\circ\text{C}$   $U_{к.р.} = 1,5$  В, а при температуре  $-18^\circ\text{C}$   $U_{к.р.} = 1$  В.

При понижении температуры увеличивается вязкость, удельное электропроводность электролита и уменьшается скорость диффузии электролита из аккумуляторного сосуда в поры активных веществ электродов. Поэтому разрядные характеристики  $U_p = f(\tau)$  проходят ниже (рис. 2.22, б, в). При температурах от  $-40$  до  $-10^\circ\text{C}$  сопротивление электролита в 2–3 раза больше, чем при температуре  $25^\circ\text{C}$ . На рис. 2.23 показано изменение напряжения  $U_{30}$  на 30-й секунде разряда батареи емкостью 55 А·ч с изменением силы разрядного тока. Среднее значение разрядного напряжения за время  $\tau_p$

$$U_{p.c.p.} = \frac{1}{\tau_p} \int_0^{\tau_p} U_p d\tau.$$

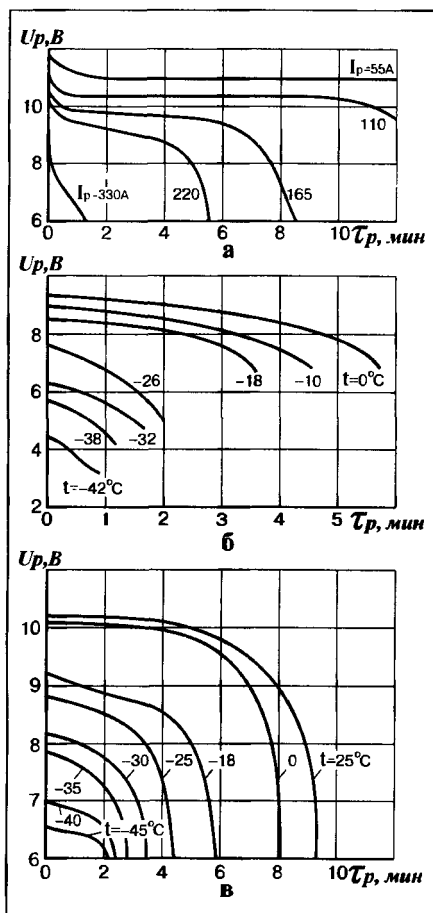


Рис. 2.22. Разрядные характеристики аккумуляторных батарей:

а – 6СТ-55 при температуре  $t = -20^\circ\text{C}$ ; б – 6СТ-90 при  $I_p = 3C_{20}$  (270 А); в – 6СТ-190ТP при  $I_p = 500$  А

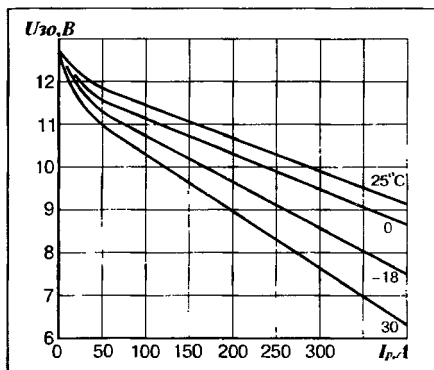


Рис. 2.23. Зависимость напряжения  $U_{30}$  от силы разрядного тока при различных температурах

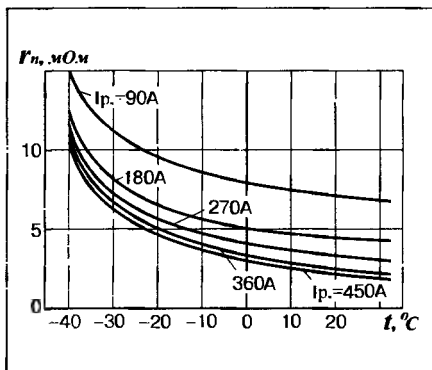


Рис. 2.24. Зависимость сопротивления поляризации батареи 6СТ-90ЗМ от температуры электролита при различных разрядных токах

### Внутреннее сопротивление

Полным внутренним сопротивлением аккумулятора принято называть сопротивление, оказываемое прохождению через аккумулятор постоянного разрядного или зарядного тока:

$$r = r_0 + \frac{E_{\Pi}}{I_p} = r_0 + r_{\Pi},$$

где  $r_{\Pi}$  – сопротивление поляризации.

Сопротивление поляризации уменьшается с увеличением силы тока и возрастает с понижением температуры (рис. 2.24).

Омическое сопротивление аккумулятора складывается из сопротивлений электродов, электролита, сепараторов, межэлементных перемычек и других токоведущих деталей.

Сопротивление электродов и токоведущих деталей мало изменяется с изменением температуры. Рост внутреннего сопротивления аккумуляторной батареи с понижением температуры (рис. 2.25) связан, в основном, с увеличением сопротивления электролита (рис. 2.26, 2.27 и табл. 2.2) и пропитанных электролитом сепараторов (рис. 2.28). При температурах от  $-40$  до  $-10^{\circ}\text{C}$  сопротивление электролита в 2–3 раза больше, чем при температуре  $25^{\circ}\text{C}$ .

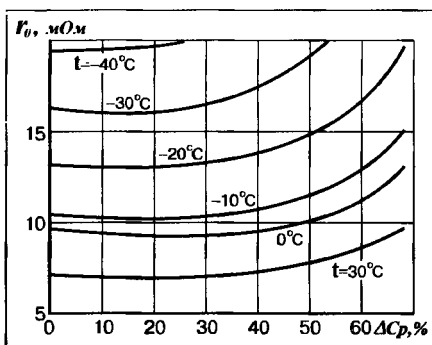


Рис. 2.25. Зависимость омического сопротивления батареи 6СТ-90ЗМ от степени разрядности  $\Delta C_p$  при различных температурах

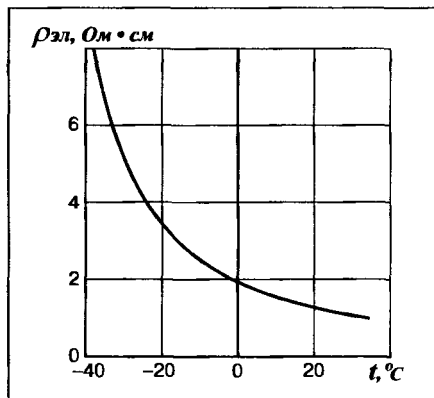


Рис. 2.26. Зависимость удельного сопротивления электролита от температуры (плотность электролита при 25°C  $\rho = 1,26 \text{ г/см}^3$ )

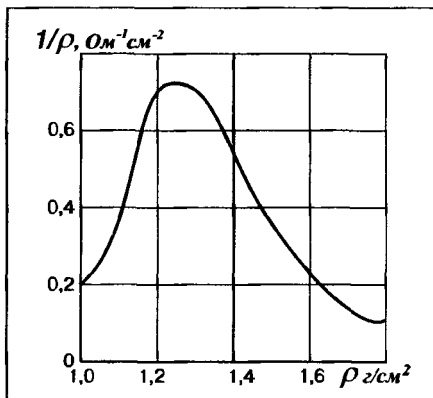


Рис. 2.27. Зависимость удельной электропроводности электролита от плотности при температуре 20°C

Удельное электросопротивление электролита с увеличением концентрации раствора серной кислоты до определенного уровня снижается, а затем возрастает. Так, минимальное удельное электросопротивление 1,33  $\text{Ом} \cdot \text{см}$  при температуре 20°C наблюдается у раствора серной кислоты с концентрацией 30,6%. При дальнейшем увеличении концентрации (или плотности) восстанавливаются ионные связи, скорость диссоциации уменьшается, токопроводящих ионов становится меньше и электросопротивление электролита увеличивается.

Начальная концентрация электролита заряженных свинцовых аккумуляторов обычно составляет 35–42%, т.е. несколько больше концентрации, при которой электросопротивление минимально. Это связано, прежде всего, с необходимостью обеспечения запаса серной кислоты, требуемого для разряда.

Таблица 2.2 Удельное электросопротивление электролита при различных температурах и концентрациях серной кислоты в электролите

| Температура, °C | Удельное электросопротивление электролита, Ом·см, при концентрациях серной кислоты (по массе), % |       |       |       |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
|                 | 15                                                                                               | 25    | 35    | 45    |
| 30              | 1,595                                                                                            | 1,180 | 1,140 | 1,312 |
| 20              | 1,8                                                                                              | 1,357 | 1,334 | 1,549 |
| 10              | 2,09                                                                                             | 1,606 | 1,602 | 1,885 |
| 0               | 2,51                                                                                             | 1,961 | 1,998 | 2,371 |
| -10             | -                                                                                                | 2,5   | 2,6   | 3,1   |
| -20             | -                                                                                                | 3,35  | 3,57  | 4,31  |

Учитывается также снижение концентрации серной кислоты в электролите в процессе разряда. Слишком малая концентрация электролита в конце разряда ведет к росту внутреннего сопротивления, более быстрому падению разрядного напряжения и, как следствие, снижению разрядной емкости. Ограничения по повышению концентрации серной кислоты в электролите связаны с ускоренной пассивацией электродов при разряде и в процессе хранения аккумуляторов с электролитом.

Сопротивление сепараторов зависит от их толщины, пористости и сопротивления электролита в порах. Материал и конструкция сепараторов играют особо важную роль при разряде аккумуляторной батареи стартерными токами в условиях низких температур.

Омическое сопротивление решеток электродов толщиной 1,5–2 мм находится в пределах 1,8–2,3 мОм. Губчатый свинец отрицательных электродов имеет удельное электросопротивление  $1,83 \cdot 10^{-4}$  Ом·см, а двуокись свинца положительных электродов –  $74 \cdot 10^{-4}$  Ом·см. Электросопротивление решеток электродов стартерных батарей толщиной 1,5–2,6 мм находится в пределах 1,8–3,0 мОм. В заряженном состоянии сопротивление отрицательного электрода составляет 62–70%, а положительного – 92–98% сопротивления решеток. В процессе разряда на электродах откладывается сульфат свинца с удельным сопротивлением  $1 \cdot 10^7$  Ом·см, и сопротивление электродов приближается к сопротивлению решеток.

Распределение сопротивления и соответственно потерь напряжения (рис. 2.29) по элементам внутренней цепи аккумуляторной батареи зависит от многих факторов. В начале стартерного разряда при температуре  $-18^\circ\text{C}$  сопротивление пластин и токоведущих деталей приблизительно составляет 20–30%, электролита и сепараторов – 34–48%, сопротивление поляризации – 32–45% от суммарного внутреннего сопротивления батареи. С понижением температуры доля

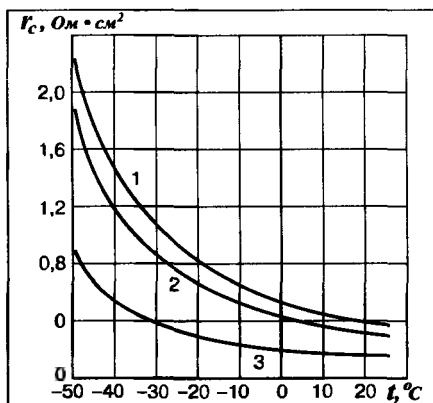


Рис. 2.28. Зависимость удельного сопротивления сепараторов  $r_c$  от температуры:

1 – мипласт; 2 – мипор; 3 – полиэтилен

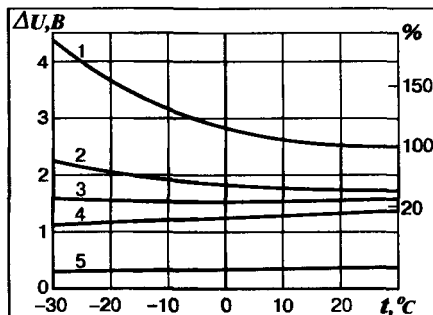


Рис. 2.29. Распределение внутренних потерь напряжения батареи 6СТ-55А3 в начале разряда током силой 255 А в зависимости от температуры:

1 – поляризация; 2 – в электролите; 3 – в сепараторах; 4 – в электродах; 5 – в соединительных токоведущих деталях

сопротивления поляризации, электролита и сепараторов возрастает.

Сопротивление заряженных стартерных аккумуляторов и даже батареи последовательно соединенных аккумуляторов составляет от нескольких тысячных до нескольких сотых долей ома. Сопротивление уменьшается с увеличением числа параллельных электродов в полублоках, т.е. с увеличением емкости аккумуляторной батареи. В процессе разряда в результате химических реакций на пластинах образуется плохо проводящий сульфат свинца. Плотность электролита снижается от 1,22 – 1,30 до 1,06 – 1,14 г/см³. Поэтому сопротивление разряженной аккумуляторной батареи выше.

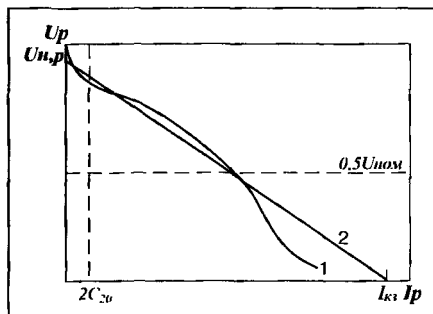


**Рис. 2.30. Вольт-амперные характеристики стартерной аккумуляторной батареи:**

1 – экспериментальная; 2 – линеаризованная

### Вольт-амперные характеристики. Мощность

Вольт-амперной характеристикой (ВАХ) называют зависимость напряжения на выводах аккумуляторной батареи от силы разрядного тока для определенного момента времени после включения батареи на разряд (рис. 2.30). ВАХ нелинейны из-за непостоянства сопротивления поляризации. В зоне стартерных токов ВАХ близки к прямой, поэтому при расчетах систем электростартерного пуска их нелинейностью в областях малых (менее  $2C_{20}$ ) и больших (более  $8-10C_{20}$ ) токов пренебрегают. Такой подход значительно упрощает расчет и сравнительную оценку системы электростартерного пуска.

Рабочие характеристики стартерного электродвигателя строятся для определенной ВАХ аккумуляторной батареи, которая изображается прямой, отсекающей на осях ординат отрезки, соответствующие начальному разрядному напряжению  $U_{н.р.}$  и силе тока короткого замыкания  $I_{к.з.}$ . Уравнение ВАХ:

$$U_6 = U_{н.р.} - R_6 I_p,$$

где  $U_6$  – напряжение на выводах батарей, В;

$U_{н.р.}$  – начальное разрядное напряжение, В;

$R_6$  – расчетное внутреннее сопротивление батареи, Ом;

$I_p$  – сила тока разряда батареи, А.

В режиме короткого замыкания, когда напряжение на выводах батареи  $U_6 = 0$ , сила тока  $I_{к.з.} = U_{н.р.} / R_6$ .

Мощность, развиваемая аккумуляторной батареей во внешней цепи,

$$P_6 = U_6 I_p = U_{н.р.} I_p - R_6 I_p^2.$$

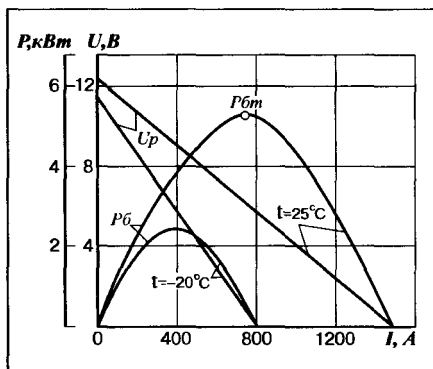


Рис. 2.31. Вольт-амперные и мощностные характеристики батареи при различных температурах

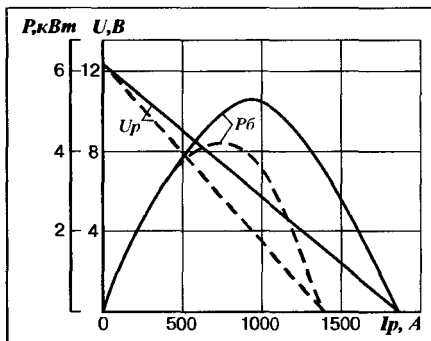


Рис. 2.32. Вольт-амперные и мощностные характеристики батареи на 10-й секунде при температуре 25°C и степени заряженности 100%:  
1 – 6СТ-55А3; 2 – 6СТ-55ЭМ

Максимальную мощность аккумуляторная батарея развивает при равенстве сопротивлений внешней и внутренней цепей батареи. Для линейной вольт-амперной характеристики максимальная мощность:

$$P_{6T} = \frac{U_{н.р.} \cdot I_{к.з.}}{4} = \frac{U_{н.р.}^2}{4R_6}$$

Вольт-амперные  $U_p = f(I_p)$  и мощностные  $P_6 = f(I_p)$  характеристики аккумулятора зависят от температуры электролита (рис. 2.31). Увеличение внутреннего

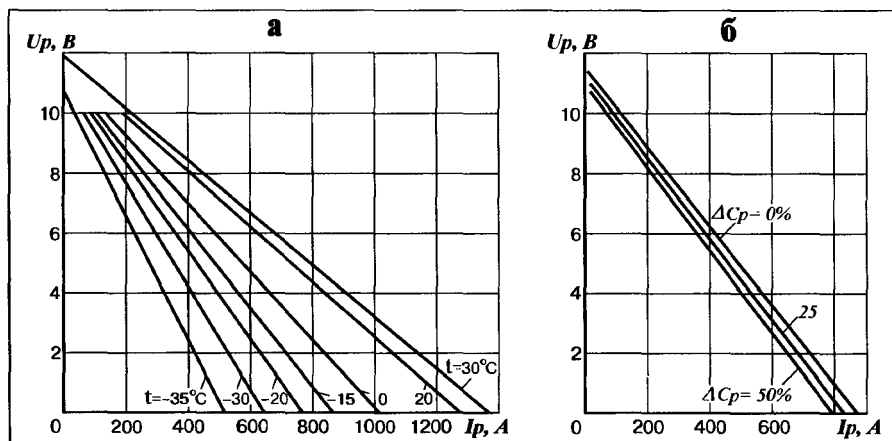


Рис. 2.33. Вольт-амперные характеристики батареи 6СТ-55 в различных условиях разряда:  
а –  $\Delta C_p = 25\%$ ;  $Zn = 3\%$ ; б –  $t = -20^\circ C$ ;  $Zn = 3$

падения напряжения при снижении температуры электролита приводит к уменьшению мощности аккумулятора. Напряжение и мощность при тех же разрядных токах выше у необслуживаемых батарей (рис. 2.32). Экспериментальные вольт-амперные характеристики аккумуляторных батарей при различных температурах электролита  $t$ , степенях разряженности  $\Delta C_p$  и попытках пуска  $Z_{II}$  приведены на рис. 2.33.

### Емкость

При разряде и заряде аккумулятор отдает во внешнюю цепь или получает от зарядного устройства определенное количество электричества.

Количество электричества, отдаваемое аккумуляторной батареей в пределах допустимого разряда, называют разрядной емкостью:

$$C_p = \int_0^{\tau_p} I_p dt.$$

При постоянной силе тока

$$C_p = I_p \tau_p.$$

Зарядная емкость

$$C_3 = \int_0^{\tau_3} I_3 dt.$$

При постоянной силе тока

$$C_3 = I_3 \tau_3,$$

где  $\tau_3$  – продолжительность заряда.

Разрядная емкость зависит от количества заложенных в аккумуляторе активных материалов и степени их использования. Количество активных материалов в стартерных аккумуляторных батареях даже при номинальных разрядных токах в 2–3 раза превышает теоретически необходимое. Полное использование заложенных в батареи активных материалов невозможно, так как обеднение электролита в порах и резкое снижение напряжения происходит раньше, чем израсходуются внутренние слои пористых активных веществ электродов и серная кислота электролита в моноблоке.

Коэффициент использования активных материалов свинцового аккумулятора зависит от условий разряда. Его снижение происходит при увеличении плотности разрядного тока и понижении температуры. При длительных режимах разряда свинцовых аккумуляторов в течение 20–50 ч использование активных материалов составляет 50–60%, тогда как при коротких стартерных разрядах –

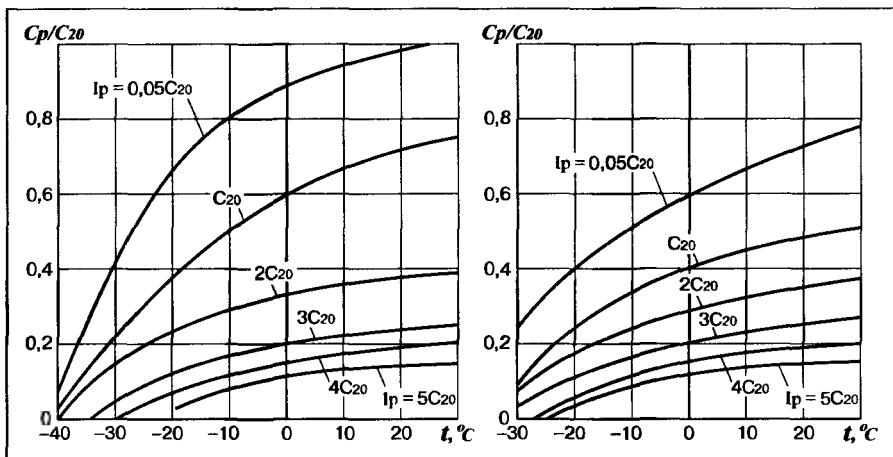


Рис. 2.34. Изменение разрядной емкости батареи 6СТ-82 с изменением силы разрядного тока и температуры электролита при степени разряженности  $\Delta C_p = 0\%$

5–10%. С увеличением электропроводности электролита, пористости активных веществ, с уменьшением толщины электродов и плотности тока использование активных материалов выше.

При равных значениях начальной и конечной пористости лучше используется активное вещество положительных электродов.

При высоких плотностях активного вещества имеют место неравномерное распределение поляризации по толщине электродов и замедление процесса поступления серной кислоты в зоны реакции. Вследствие закупорки пор сульфатом свинца, разрядный процесс протекает в основном на наружной поверхности электродов, где плотность тока может быть более чем в 10 раз выше ее значения в толще активного вещества.

Неполное (на 60–65%) использование активных веществ при малых плотностях разрядного тока связано с изоляцией отдельных участков пористого вещества электродов сульфатом свинца и, как следствие, отсутствием единого электропроводящего каркаса электрода.

В аккумуляторах, предназначенных для работы в стартерных режимах разряда, использование активных материалов и отдача по емкости могут быть повышены за счет снижения толщины электродов.

Емкость аккумулятора определяется суммарной емкостью электродов. При стартерных разрядах емкость, как правило, уменьшается из-за пассивации отрицательного электрода. Особенно это характерно для низких температур. При длительных режимах разряда влияние обоих типов разнополярных электродов на отдачу батареи по емкости соизмеримо. При длительных режимах разряда положительный электрод может лимитировать отдачу по емкости, если запас электролита недостаточен. Причиной ограничения емкости положительным электродом при коротких режимах разряда может быть замедление диффузии электро-



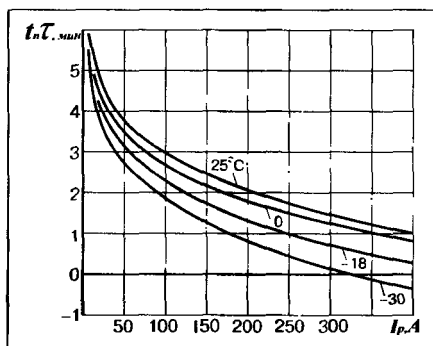


Рис. 2.35. Зависимость времени разряда необслуживаемой батареи 6СТ-55А3 от силы разрядного тока при различных температурах электролита

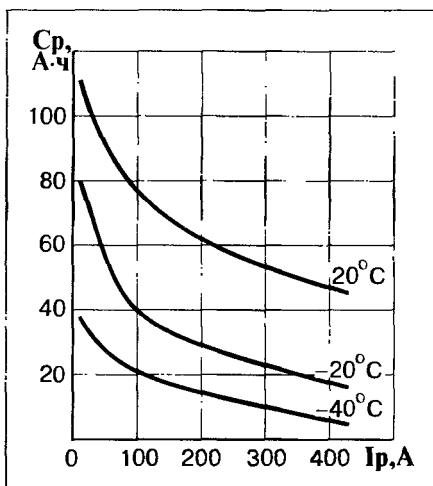


Рис. 2.36. Зависимость емкости необслуживаемой батареи 6СТ-110А при начальной степени заряженности 100% от силы разрядного тока при различных температурах

лита в поры активного вещества.

Использование активных материалов зависит от конструкции электродов, материала сепараторов, плотности и температуры электролита, силы тока и режима разряда (прерывистый, непрерывный, ступенчатый).

Разрядная емкость уменьшается с увеличением разрядного тока, так как большее количество и более плотная масса сульфата свинца откладывается на поверхности электродов, изолируя активное вещество от контакта с электролитом (рис. 2.34 – 2.36). Использование активных веществ при большой силе тока составляет 5–10%.

Разрядная емкость уменьшается также с понижением температуры. При низких температурах увеличивается вязкость электролита и замедляется скорость поступления серной кислоты в поры активных веществ. Напряжение разряда падает быстрее и большая часть активного вещества остается неиспользованной. Напряжение аккумуляторной батареи с понижением температуры падает также вследствие замедления электролитической диссоциации и уменьшения ионной проводимости электролита. При малой силе тока до 0,1С<sub>20</sub> А и температурах выше 0°C снижение емкости на 1°C приводит к уменьшению разрядной емкости на 0,6–0,7%. При низких температурах (ниже 0°C) в стартерных режимах разряда снижение емкости на 1°C достигает 2%. Свинцовые аккумуляторные батареи работоспособны при стартерных разрядах до температуры –(30–35)°C.

Степень снижения емкости с уменьшением температуры меньше при использовании электролита с большей концентрацией серной кислоты.

Разрядная емкость может быть увеличена за счет пористой структуры электродов. При разряде пористость уменьшается, так как удельный объем сульфата свинца больше удельных объемов губчатого свинца (в 2,68 раза) и диоксида свинца (в 1,86 раза). Уменьшение сечения пор при разряде затрудняет проникновение

серной кислоты в поры электродов и ограничивает использование активных материалов, особенно при разряде большими токами. Активную поверхность электродов увеличивают, устанавливая большее число электродов меньшей толщины.

Так как разрядная емкость зависит от условий разряда, номинальной для стартерных свинцовых аккумуляторных батарей емкостью, гарантируемой заводом-изготовителем, считается емкость 20-часового режима разряда. Разряд батарей при испытании на емкость 20-часового режима разряда проводят непрерывно током силой  $I_p = 0,05C_{20}$  А до конечного разрядного напряжения на клеммах 5,25 В у 6-вольтовой и 10,5 В у 12-вольтовой батареи. Температура электролита при разряде должна находиться в интервале от 18 до 27°C.

Емкость вычисляют по формуле:

$$C_t = 0,05C_{20}t_p,$$

где  $C_t$  – емкость, отданная батареей в пределах допустимого разряда, А·ч;

$t_p$  – продолжительность разряда до конечного разрядного напряжения, ч.

Полученную емкость  $C_t$  приводят к емкости при температуре 25°C:

$$C_{25} = \frac{C_t}{1 + 0,01(t_{cp} - 25)},$$

где  $C_{25}$  – емкость, приведенная к температуре 25°C, А·ч;

$t_{cp}$  – средняя температура между начальной и конечной температурами электролита при разряде, °C;

0,01 – температурный коэффициент изменения емкости в интервале температур от 18 до 27°C.

Перед проверкой на емкость 20-часового режима батарею полностью заряжают. Заряд проводят током силой  $I_3 = 0,1C_{20}$  А до напряжения не менее 2,4 В на каждом аккумуляторе, после чего ток уменьшают на 50% от первоначального и доводят до состояния полного заряда. Заряд проводят до достижения обильного газовыделения и постоянства напряжения и плотности электролита в течение 2 ч, после чего при непрерывающемся заряде корректируют плотность электролита в аккумуляторах до  $(1,28 \pm 0,01)$  г/см<sup>3</sup> при 25°C и уровень электролита в соответствии с технической документацией по эксплуатации. Заряд при температуре, превышающей 45°C, не допускается.

Необслуживаемые батареи заряжают при температуре окружающей среды  $(25 \pm 5)$ °C при постоянном напряжении  $(14,4 \pm 0,1)$  В не менее 24 и не более 30 ч, причем сила тока не должна превышать  $I_3 = 0,05C_{20}$  А.

Емкость батарей, определяемая при 20-часовом режиме разряда не позже четвертого цикла, должна быть не менее 95%, а необслуживаемых – 100% от номинального значения.

Важным для эксплуатации показателем является «резервная емкость». По этому показателю можно оценивать способность аккумуляторной батареи обеспечить необходимый минимум электрической нагрузки на автомобиле в случае выхода из строя генератора. Минимум электрической нагрузки складывается из токов, потребляемых системами зажигания и освещения, стеклоочистителем и

контрольно–измерительными приборами в режиме движения «зима, ночь», и составляет величину порядка 25 А.

Резервная емкость определяется временем разряда в минутах полностью заряженной батареи при температуре  $(27\pm5)^{\circ}\text{C}$  током силой  $(25\pm0,25)$  А до конечного напряжения на аккумуляторе, равного 1,75 В. Нормативный показатель «резервная емкость» обеспечивает большее соответствие режима испытания батареи условиям эксплуатации ее на автомобиле.

Характеристики стартерного разряда аккумуляторной батареи удобно оценивать по силе тока холодной прокрутки. Он представляет собой максимальный разрядный ток, который батарея может обеспечить при температурах  $-18^{\circ}\text{C}$  и  $-29^{\circ}\text{C}$  в течение 30 с, сохраняя напряжение не менее 1,2 В на каждом аккумуляторе (7,2 В в случае 12–вольтовой батареи). Показатель «ток холодной прокрутки» позволяет упростить подбор аккумуляторной батареи для автомобилей на стадии их проектирования: определив силу тока, потребляемую электро–стартером при пуске двигателя, можно подобрать батарею из условия, чтобы эта сила тока не превышала силу тока холодной прокрутки.

## Энергия

Энергия, отдаваемая аккумулятором в течение некоторого времени разряда

$$W_p = \int_0^{\tau_p} U_p I_p dt$$

или при  $I_p = \text{const}$ :

$$W_p = U_{p.\text{ср.}} I_p \tau_p,$$

где  $U_{p.\text{ср.}}$  – среднее значение разрядного напряжения.

Соответственно, энергия заряда батареи

$$W_3 = \int_0^{\tau_3} U_3 I_3 d\tau_3$$

или при  $I_3 = \text{const}$ :

$$W_3 = U_{3.\text{ср.}} I_3 \tau_3,$$

где  $U_{3.\text{ср.}} = \frac{1}{\tau_3} \int_0^{\tau_3} U_3 d\tau$  – среднее значение зарядного напряжения.

Способность аккумуляторной батареи отдавать в процессе разряда полученную при заряде энергию оценивают коэффициентами отдачи по емкости  $\eta_c$  и энергии  $\eta_w$ :

$$\eta_c = \frac{C_p}{C_3}; \quad \eta_w = \frac{W_p}{W_3}.$$

В номинальном режиме разряда коэффициент отдачи по емкости составляет 0,84–0,96, а по энергии – 0,75–0,85. Величина коэффициента отдачи по емкости определяется потерями на разложение воды и саморазряд. Коэффициент отдачи по энергии учитывает также потери на “джоулево” тепло как при разряде, так и при заряде.

Энергия батареи определяется как произведение емкости на разрядное напряжение. При увеличении силы разрядного тока и уменьшении температуры уменьшаются и емкость, и напряжение, поэтому энергия аккумуляторной батареи снижается быстрее, чем емкость.

Технический уровень батареи оценивают также по удельной материалоемкости. Удельную материалоемкость определяют расчетным путем. При 20-часовом режиме разряда она определяется по формуле:

$$q_{20} = \frac{m_a 10^3}{C_{20} U_H},$$

где  $q_{20}$  – удельная материалоемкость при 20-часовом режиме разряда, кг/(кВт·ч);

$m_a$  – масса свинца и активных материалов по конструкторской документации, кг;

$C_{20}$  – номинальная емкость, А·ч;

$U_H$  – номинальное напряжение, В.

Удельная материалоемкость в стартерном режиме разряда при отрицательной температуре определяется по формуле:

$$q_c = \frac{60 m_a}{I_p \cdot \tau_p \cdot 0,95 \cdot U_{30}}$$

где  $q_c$  – удельная материалоемкость в стартерном режиме, кг/(кВт·ч);

$I_p$  – сила тока разряда, А;

$\tau_p$  – продолжительность разряда, мин;

$U_{30}$  – напряжение на 30 с стартерного режима разряда, В;

0,95 – коэффициент среднего напряжения стартерного режима разряда.

Аккумуляторные батареи занимают одно из первых мест среди других накопителей энергии по удельной энергии, однако имеют сравнительно большое внутреннее сопротивление. Из-за резкого увеличения внутреннего сопротивления с понижением температуры и отдачи энергии как с понижением температуры, так и с увеличением силы разрядного тока, на автомобилях используют стартерные аккумуляторные батареи с энергией в 20-часовом режиме разряда, в сотни раз превышающей энергию, необходимую для осуществления надежного пуска автомобильных двигателей.

### Саморазряд батарей

Заряженные и исправные аккумуляторные батареи теряют емкость при длительном хранении вследствие саморазряда. Саморазряд обусловлен недостаточной чистотой активных материалов и неравномерной плотностью электро-

лита по высоте. Примеси различных металлов (сурьма, медь, серебро и т.д.) с отличающимися от свинца электродными потенциалами образуют большое число замкнутых микроэлементов.

Электроды свинцового аккумулятора и при разомкнутой внешней цепи взаимодействуют с водой, выделяя водород и кислород. В большей степени саморазряду подвержен отрицательный электрод. Причиной разряда положительных электродов является разность потенциалов между свинцом решеток и диоксидом свинца, когда между ними попадает электролит. При наличии разности потенциалов в контурах микроэлементов возникают разрядные токи, при протекании которых активные массы электродов превращаются в сульфат свинца.

Саморазряд связан также с переходом сурьмы в раствор серной кислоты в результате коррозии решеток положительных пластин. Сурьма увеличивает скорость коррозии и способствует выделению водорода. Саморазряд существенно уменьшается при использовании малосурьмянистых и свинцово-кальциевых сплавов.

Саморазряд заряженной батареи, кроме необслуживаемой, после бездействия в течение 14 суток при температуре окружающей среды ( $20 \pm 5$ )°C не должен превышать 7% (0,5% в сутки), а после бездействия в течение 28 суток – 20% от номинальной емкости.

Саморазряд необслуживаемой батареи после бездействия в течение 90 суток не должен превышать 10% (0,11% в сутки), а после бездействия в течение года – 40% от номинальной емкости.

Ускоренный саморазряд происходит при попадании на наружную поверхность батареи воды, электролита или других токопроводящих жидкостей. Во избежание ускоренного саморазряда следует в эксплуатации строго выполнять правила ухода за аккумуляторными батареями.

Интенсивность самопроизвольного растворения свинца на отрицательном электроде с выделением газообразного водорода существенно возрастает с увеличением концентрации электролита. Увеличение плотности электролита с 1,27 до 1,32 г/см<sup>3</sup> приводит к росту скорости саморазряда отрицательного электрода на 40%.

Саморазряд батарей в значительной мере зависит от температуры электролита (рис. 2.37). При температуре ниже нуля саморазряд практически прекращается. Поэтому рекомендуется хранить батареи при низких (отрицательных) температурах (до -30°C). В процессе эксплуатации интенсивность саморазряда возрастает, особенно резко к концу срока службы.

Снижение скорости саморазряда обеспечивается за счет повышения на-

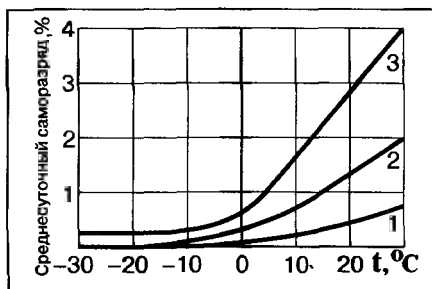


Рис. 2.37. Среднесуточный саморазряд традиционной свинцовой стартерной аккумуляторной батареи при бездействии в течение 14 суток в зависимости от температуры и срока эксплуатации:

1 – новой батареи; 2 – в середине срока эксплуатации; 3 – в конце срока эксплуатации

пряжения выделения кислорода и водорода на электродах в необслуживаемых аккумуляторных батареях (рис. 2.38). Необходимо также использовать возможно более чистые материалы для производства батарей, а также чистую серную кислоту и дистиллированную воду для приготовления электролита. Снижению саморазряда способствуют добавки органических веществ – ингибиторов саморазряда. Вероятность быстрого саморазряда батареи вследствие короткого замыкания через токопроводящие мостики между разноименными электродами меньше при использовании сепараторов-конвертов.

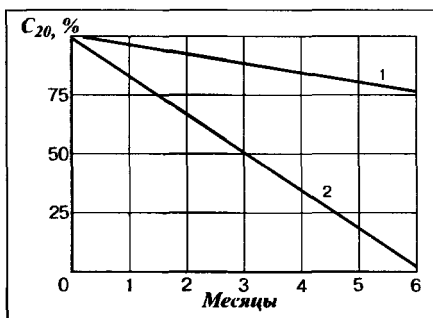


**Рис. 2.38.** Снижение емкости  $C_{20}$  вследствие саморазряда при бездействии аккумуляторных батарей:

1 – необслуживаемых; 2 – традиционных

### Типы и условные обозначения стартерных батарей

Стартерные свинцовые аккумуляторные батареи классифицируют по номинальному напряжению (6 и 12 В) и номинальной емкости.

На стартерные аккумуляторные батареи наносят товарный знак предприятия – изготовителя, указывают тип батареи, дату выпуска и обозначение стандарта или технических условий на батарею конкретного типа. Условное обозначение типа батареи (например, батарея 6СТ–55А) содержит указание на количество последовательно соединенных аккумуляторов в батарее (3 или 6), характеризующих ее номинальное напряжение (6 или 12 В), указание на назначение по функциональному признаку (СТ – стартерная), номинальную емкость в А·ч и исполнение (при необходимости): А – с общей крышкой; Н – несухозаряженная; З – для необслуживаемой, залитой электролитом и полностью заряженной батареи.

В условных обозначениях еще применяемых в настоящее время батарей буквы Э и Т величины номинальной емкости указывают на материал моноблока (соответственно эбонит и термопласт). Последующие буквы обозначают материал сепаратора (М – мипласт, Р – мипор).

Отечественная промышленность выпускает стартерные свинцовые аккумуляторные батареи номинальным напряжением 6 и 12 В и номинальной емкостью 45–190 А·ч.

## 2.6. Эксплуатация стартерных аккумуляторных батарей

### Размещение батарей на автомобилях

Аккумуляторные батареи размещают под капотом двигателя легковых автомобилей, под кабиной, на расширенной подножке кабины, за кабиной под кузовом, а также под сиденьем в кабине грузовиков.

К аккумуляторной батарее должен быть предусмотрен свободный доступ для осмотра и обслуживания. Размещение аккумуляторной батареи должно обеспечивать проведение необходимых в эксплуатации мероприятий по техническому обслуживанию без снятия ее с места установки: проверки уровня электролита и добавления дистиллированной воды; проверки плотности электролита и измерения его температуры; оценки технического состояния с помощью аккумуляторного пробника или нагрузочной вилки; отсоединения, зачистки и закрепления стартерных проводов.

Объем технического обслуживания зависит от конструкции батарей. Соответственно, меняются и требования к доступности батарей для обслуживания. Естественно, эти требования не являются жесткими для новых необслуживаемых батарей. Вариантом размещения батарей, обеспечивающим возможность выполнения полного объема обслуживания, является установка их на выдвижных площадках (некоторые автомобили, автобусы).

Крепление батареи должно максимально предохранять ее от вибрации и тряски при движении автомобиля. При вибрации и тряске батарея не должна перемещаться по опорной площадке. Посадочные места для батареи должны иметь амортизаторы и амортизационные прокладки.

Методы закрепления батарей на месте установки различны. В зависимости от типа батареи ее можно крепить на опорной площадке рамкой сверху, планкой за верхнее ребро по диагонали батареи или по части периметра, за выступы в нижней части моноблока из пластических материалов. Недопустимо крепление с упором в боковые стенки моноблока. Это может привести к его разрушению.

Размещение батареи на машине должно обеспечивать ее защиту от загрязнения и механических повреждений.

Аккумуляторная батарея должна размещаться возможно ближе к стартеру с целью уменьшения длины стартерного провода и падения напряжения в нем. «Массовый» провод должен крепиться к двигателю или жесткой раме. Не допускается крепление «массового» провода к тонкостенной части кабины (менее 1,2 мм) или крылу автомобиля, а также на окрашенную поверхность без применения специальных шайб-звездочек. Желательно подсоединять отрицательный вывод батареи к корпусу («массе») автомобиля через выключатель аккумуляторной батареи (выключатель «массы»).

Размещение батареи на автомобиле должно обеспечивать поддержание такого ее теплового состояния, которое необходимо для надежного пуска двигателя и подзаряда батареи от генераторной установки.

Максимальная температура электролита не должна превышать 50°C. Поэтому при подкапотной установке батарея должна быть защищена от воздействия тепла, исходящего от двигателя, а при наружной установке – от прямых солнечных лучей с помощью теплоизоляционных прокладок, экранов или козырьков.

У большинства легковых автомобилей аккумуляторная батарея размещается в передней части подкапотного пространства сбоку за радиатором, где температура достигает 20–30°C при движении автомобиля. При наружной установке в зимних условиях аккумуляторная батарея сильно охлаждается, а летом в южных районах – перегревается.

На грузовых автомобилях при размещении аккумуляторной батареи в кабине,

под кабиной на раме или на подножке при движении автомобиля теплый воздух из подкапотного пространства обдувает батарею и ее температура может быть выше температуры наружного воздуха на 12–15°C.

При установке аккумуляторной батареи в кабине ее необходимо размещать в отдельном отсеке или контейнере с вентиляцией, исключающих попадание паров кислоты в кабину и скопление газов под крышкой контейнера во взрывоопасных концентрациях.

### **Эксплуатация аккумуляторных батарей при низких температурах**

При низких температурах изменяются свойства активных и конструкционных материалов, поэтому возможность эксплуатации батарей затрудняется, а иногда исключается вообще.

Так, например, герметизирующая мастика теряет эластичность, растрескивается и отслаивается от поверхности крышек и моноблоков. Моноблоки, крышки и пробки становятся хрупкими. При таянии снега на поверхности батареи образуется влага. В результате этого происходит сильный саморазряд батареи. Лед на поверхности пробок может закрыть вентиляционные отверстия. При недостаточной плотности электролита и значительной разряженности батареи возможно замерзание электролита. Поэтому батареи, эксплуатируемые при низких температурах, рекомендуется заполнять электролитом большей плотности и содержать в заряженном состоянии. При начальной плотности 1,30 г/см<sup>3</sup> электролит даже полностью разряженной батареи может замерзнуть при температуре –14°C. С уменьшением начальной плотности до 1,24 г/см<sup>3</sup> возникает опасность замораживания батареи уже при температуре –(5–6)°C.

Посезонное изменение плотности электролита осуществляют два раза в год при переходе с летней на зимнюю и с зимней на летнюю эксплуатацию. Для этого при переходе на зимнюю эксплуатацию из моноблока батареи отбирают часть электролита и добавляют раствор серной кислоты плотностью 1,40 г/см<sup>3</sup>. При переходе на летнюю эксплуатацию также удаляют часть электролита, а добавляют дистиллированную воду. Благодаря сезонному изменению плотности электролита уменьшается вероятность замораживания батарей зимой даже при неполной степени их заряда и снижается интенсивность электрокоррозионных процессов на положительных электродах в летнее время.

Полный разряд аккумуляторной батареи в эксплуатации допускается редко. Если при низких температурах батарея разряжается до конечного разрядного напряжения в стартерном режиме, опасность замораживания электролита невелика. Вследствие малой степени использования активных материалов электролит в моноблоке имеет достаточно высокую плотность.

В зимнее время приходится считаться с возможностью замораживания электролита в аккумуляторных батареях во время стоянки машин. Вследствие замораживания электролита в батареях могут разрушаться банки элементов и высыпаться активная масса из решеток пластин, т.е. аккумуляторная батарея может выйти из строя.

Опасность замораживания электролита является тем большей, чем сильнее разряжена аккумуляторная батарея. Вследствие этого в зимнее время, даже в зонах умеренного климата, аккумуляторную батарею, работающую при отрицательной температуре, необходимо поддерживать полностью заряженной.



Если батарея не может дать ток в несколько сот ампер для пуска холодного двигателя, то это не значит, что она полностью разряжена. При низких температурах и форсированных разрядах фактическая емкость уменьшается, и в этих условиях батарея, которая кажется разряженной с электротехнической точки зрения, еще далеко не разряжена с электрохимической. Ее электролит имеет достаточную плотность, и опасность замерзания может быть невелика.

В аккумуляторной батарее быстрее охлаждаются хорошие проводники тепла (электроды, токоведущие детали, выводы). Поэтому быстрее охлаждается и замерзает электролит у пластин, образуя ледяную корку, препятствующую протеканию электрических процессов. Сопротивление батареи резко увеличивается, а напряжение на выводах уменьшается. Получить токи большой силы от такой батареи невозможно, и батарея не может обеспечить пуск двигателя, однако может питать систему зажигания. Замораживание электролита с электротехнической точки зрения не вызывает серьезных изменений в батарее, если не считать временное снижение емкости. После подогрева батарея восстанавливает емкость.

Заряжать замерзшую батарею не следует, так как ионы  $H$  и  $OH$  не будут иметь доступа к активным веществам. В этих условиях электрический ток, проходящий через аккумуляторную батарею, будет вызывать только электролиз воды с выделением водорода и кислорода. Газы не могут выйти или медленно проходят через слой замерзшего электролита и при этом увлекают капельки жидкости, поэтому происходит довольно сильное пенообразование, пена выходит наружу и покрывает батарею сверху. До начала заряда батарею следует отогревать, так как заряд замороженной батареи может вызвать взрыв, если на поверхности электродов образуется ледяная корка, не пропускающая газы.

При одинаковой плотности электролита в аккумуляторе его замерзание не должно было бы приводить к разрыву моноблока, так как при охлаждении в электролите образуются не кристаллы самого электролита, а кристаллы воды. Эти кристаллы изолированы, они разделены жидкостью, представляющей собой электролит, обогащенный кислотой вследствие выделения воды в лед. Следовательно, в растворе не образуется сплошного льда, а имеется дисперсная фаза кристаллов, причем оставшийся раствор уже не замерзает, так как он стал более насыщенным и его температура замерзания выше. На практике, однако, наблюдается другая картина. Плотность при разряде меньше в порах, электролит в порах замерзает и разрывает активные вещества, тогда как свободный электролит между электродами находится в жидкой фазе.

При низких температурах резко ухудшаются условия заряда аккумуляторных батарей. Холодные аккумуляторные батареи постоянно недозаряжаются. Даже при температуре  $-10^{\circ}C$  батарея, разряженная на 50%, может быть заряжена до 60–70% номинальной емкости, не говоря уже о более низких температурах.

Условия восстановления емкости батареи при низкой температуре ухудшаются из-за уменьшения КПД заряда, снижения зарядного тока при возрастании внутреннего сопротивления батареи. При температуре  $-30^{\circ}C$  зарядный ток современной батареи от генераторной установки при напряжении 14,5 В составляет всего 3–5% от зарядного тока батареи при температуре электролита 20–25°C и степени заряженности 75%.

При эксплуатации автомобиля в условиях низких температур неутепленная

**Таблица 2.3. Регулируемое напряжение заряда аккумуляторных батарей**

| Климатическая зона | Среднемесячная температура в январе, °С | Время года  | Номинальное напряжение, В | Регулируемое напряжение при установке батареи, В |             |
|--------------------|-----------------------------------------|-------------|---------------------------|--------------------------------------------------|-------------|
|                    |                                         |             |                           | наружной                                         | подкапотной |
| Холодная           | -50...-15                               | Зима        | 12                        | 14,5-15,5                                        | 14,2-15,0   |
|                    |                                         |             | 24                        | 29,0-31,0                                        | —           |
|                    |                                         | Лето        | 12                        | 13,8-14,8                                        | 13,2-14,2   |
|                    |                                         |             | 24                        | 27,0-29,0                                        | —           |
| Умеренная          | -15...-4                                | Круглый год | 12                        | 13,8-14,8                                        | 13,2-14,2   |
|                    |                                         |             | 24                        | 27,0-29,0                                        | —           |
| Жаркая и влажная   | -15...-6                                | То же       | 12                        | 13,2-14,0                                        | 13,0-14,0   |
|                    |                                         |             | 24                        | 26,0-28,0                                        | —           |

аккумуляторная батарея не принимает заряд током расчетного напряжения, и для обеспечения подзаряда приходится увеличивать регулируемое напряжение (табл. 2.3). Это ведет к работе электрооборудования в непредусмотренном режиме и, как следствие, к отказам в работе изделий. Следствием завышения регулируемого напряжения неизбежно будут перезаряд батареи при повышении температуры наружного воздуха и резкое уменьшение срока службы. Повышение напряжения генераторной установки для улучшения зарядных характеристик батареи при низких температурах приводит к резкому сокращению срока службы ламп и полупроводниковых приборов.

Батарея может не принимать зарядный ток, который способен отдавать генератор. Относительная сила тока заряда  $I_3$  в мА/А·ч, который будет принимать батарея с решетками электродов из малосурьмянистых сплавов в циклическом разрядно-зарядном режиме и степени заряженности 75%, резко уменьшается как с уменьшением напряжения заряда (на выводах батареи), так и с понижением температуры (рис. 2.39). При непрерывном режиме заряда зарядный ток будет еще меньше, чем при циклическом зарядно-разрядном режиме (при циклировании), так как во втором случае имеет место снижение зарядной поляризации. Изменение относительного зарядного тока  $I_3$  в циклическом режиме необслуживаемых батарей в зависимости от степени заряженности  $\Delta C_3$  при различных температурах электролита и напряжении заряда 14 В показано на рис. 2.40.

Зарядные характеристики батарей с решетками электродов из малосурьмянистых сплавов заметно отличаются от зарядных характеристик обычных батарей, особенно при положительных значениях температуры электролита.

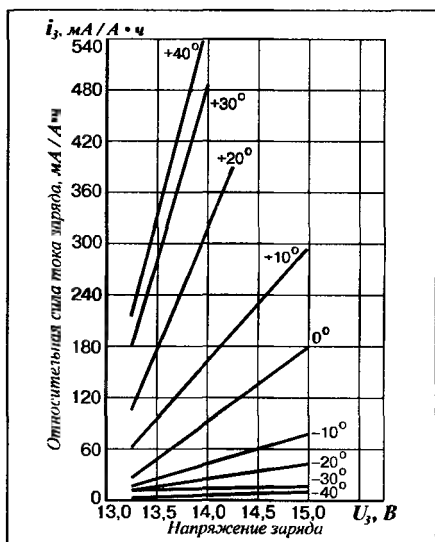


Рис. 2.39. Зарядные характеристики батарей с решетками электродов из малосурьмянистых сплавов при различных температурах и уровнях зарядного напряжения

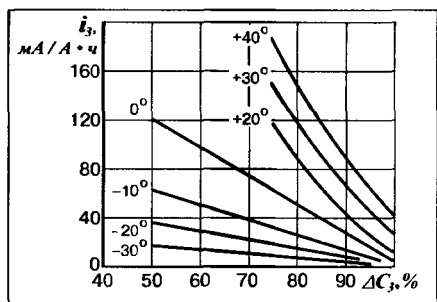


Рис. 2.40. Изменение относительного зарядного тока в циклическом режиме работы необслуживаемых батарей в зависимости от степени заряженности  $\Delta C_z$  при различных температурах и постоянном зарядном напряжении 14 В

Таким образом, заряд аккумуляторных батарей при низких температурах идет очень медленно, что при больших нагрузках создает значительные трудности в обеспечении положительного баланса электроэнергии на автомобиле.

### Утепление и обогрев батарей

При эксплуатации автомобиля в холодных климатических районах должны быть приняты специальные меры для поддержания благоприятного температурного режима аккумуляторной батареи. При низких температурах окружающего воздуха их необходимо утеплять или обогревать, что осуществляется различными способами.

Частично решением проблемы сохранения высокой температуры батареи является размещение ее в утепленном отсеке (контейнере), имеющем двойные стенки, пространство между которыми заполняется войлоком, поролоном или каким-либо другим теплоизоляционным материалом. Теплоемкость аккумуляторной батареи достаточно высока, поэтому при помещении ее в контейнер с теплоизолированными стенками скорость падения температуры электролита будет настолько мала, что батарея сохранит работоспособность после межсменной стоянки автомобиля на открытой площадке в течение 10–12 ч при температуре окружающего воздуха до  $-50^{\circ}\text{C}$ . При таком способе утепления температура электролита в батарее практически не падает ниже  $0^{\circ}\text{C}$  за 10–12 ч работы машины при температуре воздуха  $-40^{\circ}\text{C}$ .

При толщине теплоизолирующего слоя пенопласта в 20 мм показатели

стартерного разряда после суточной стоянки автомобиля в 4 раза выше по сравнению с неутепленными батареями. Эффективность утепления батареи тем выше, чем больше толщина теплоизолирующего материала.

При движении автомобиля температура под капотом в местах установки бата-

рей находится в пределах 20–40°C. При длительном движении или стоянке автомобиля с изменением температуры окружающего воздуха изменяется температура электролита аккумуляторной батареи (рис. 2.41). Вследствие высокой теплоемкости электролита и малой теплопроводности материала моноблоков температура электролита в течение суток меняется меньше, чем температура окружающей среды. При длительной стоянке автомобиля среднесуточные температуры батареи и окружающей среды обычно равны.

Для нормальной работы батареи при наружной установке недостаточно одного утепления с помощью контейнера. Необходим обогрев батареи.

Можно применять жидкостные подогреватели одновременно для подогрева холодного двигателя и батареи. Теплая жидкость, поступающая от установленного на двигателе подогревателя, проходит через металлический короб, так называемую «грелку», размещенную под батареей или через эмеевик, вмонтированный в нижнюю часть теплоизолирующего ящика, в котором установлена батарея.

Ящик или контейнер, в котором размещаются батареи, можно обогревать при помощи отработавших газов или с использованием тепла жидкости из системы охлаждения двигателя. Преимуществом подогрева батарей с использованием отработавших газов и жидкости из системы охлаждения является

простота регулирования количества подводимого тепла. Подогрев батареи, установленной в кабине машины под сиденьем, можно осуществлять теплым воздухом из системы отопления кабины или обдува ветровых стекол. Преимущество этих методов состоит в том, что обогрев происходит не только в период предпускового подогрева, но и во время движения автомобиля. Однако такой обогрев недостаточно эффективен в период пуска, так как теплопроводность моноблока батареи мала, а теплоотдача газа значительно меньше, чем теплоотдача жидкости.

При размещении батарей в теплозащитных или обогреваемых контейнерах необходимо предусмотреть принудительную вентиляцию, чтобы избежать

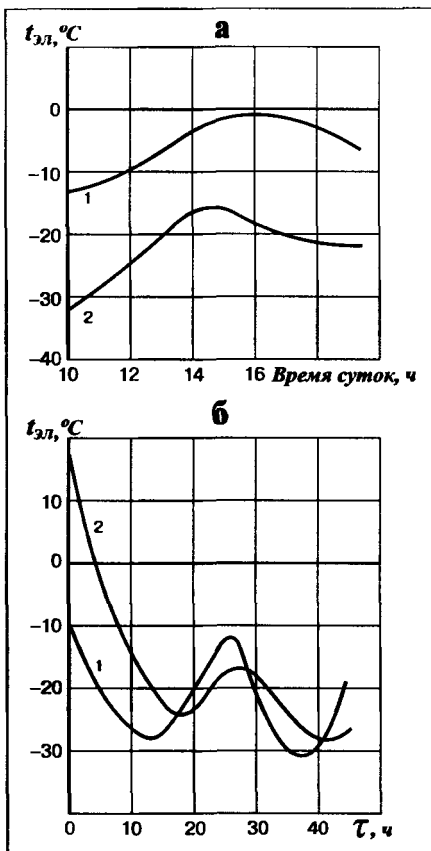


Рис. 2.41. Изменение температуры электролита  $t_{эл}$  неутепленной аккумуляторной батареи: а – при движении автомобиля; б – при стоянке автомобиля; 1 – температура окружающей среды; 2 – температура электролита

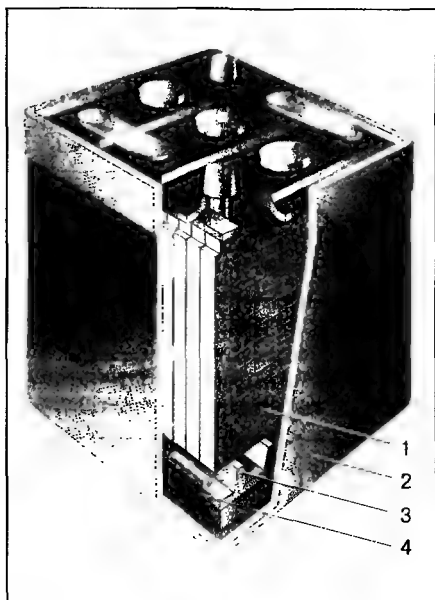


**Рис. 2.42. Аккумуляторная батарея с электроподогревом:**

1 – электрод; 2 – моноблок; 3 – опорные призмы; 4 – электронагреватели

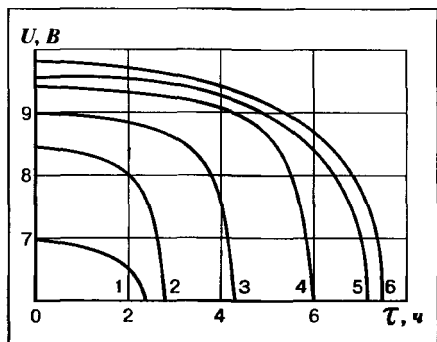


**Рис. 2.43. Разрядные характеристики батареи 6СТ–190 током силой 500 А при температуре окружающей среды  $-40^{\circ}\text{C}$  после 30-минутного внутреннего подогрева электронагревателями различной мощности:**

1 – без подогрева; 2 – 300 Вт; 3 – 600 Вт; 4 – 800 Вт; 5 – 1000 Вт; 6 – 1200 Вт

взрыва водородно–воздушной смеси. Взрывоопасна уже 4%–я концентрация водорода в воздухе, а количество выделяемого водорода при саморазряде в период бездействия батареи составляет  $0,07 \text{ см}^3/\text{мин}$  на 1 А·ч, тогда как при работе в режиме циклирования во время движения автомобиля оно может возрасти до  $0,6 \text{ см}^3/\text{мин}$  на 1 А·ч.

Электронагреватели эффективны при установке внутри аккумуляторной батареи между дном ее моноблока и опорными призмами (рис. 2.42). Нагреватель представляет собой изолированный кислотоустойчивым материалом нихромовый провод. При мощности 0,6 кВт электронагреватель повышает температуру электролита на  $40\text{--}50^{\circ}\text{C}$  за 1,5 ч. Подогрев с помощью электронагревательных элементов НГТФ–100 применен в аккумуляторных батареях 6СТ–190ТРН. Нагреватели выполнены в виде графитизированных волокон с фторопластовой изоляцией, плотно прилегающих к стенкам моноблока. Они обеспечивают подогрев и поддержание теплового состояния батареи на уровне, необходимом для удовлетворительной работы при температурах окружающей среды от  $-25$  до  $-40^{\circ}\text{C}$ . Электронагреватели получают питание от постороннего источника тока напряжением 20 В. Потребляемая мощность превышает 600 Вт. С помощью термовыключателя, размещенного в одном из аккумуляторов, нагревательные элементы включают в работу автоматически. Температура электролита повышается и разрядные характеристики улучшаются с увеличением мощности подогрева (рис. 2.43).

Перспективно использование в батареях гибких электронагревателей пленочного типа, которые с помощью специальной пасты закрепляют на дне и боковых стенках моноблока. Соб-

ранная батарея устанавливается в пластмассовый бак. Толщина стенок бака в 1,5–3 раза больше, чем у стенок моноблока. Верхняя часть бака сваривается со специальным бортиком по контуру моноблока. Полость между стенками наружного бака и нагревателя заполняют быстротвердеющим составом, который после установки моноблока батареи в бак заполняет зазоры и через 2–3 мин превращается в твердое пористое вещество. Такие электронагреватели применены в необслуживаемой батарее 6СТ–110Н. Они показали высокую эффективность своего использования в условиях низких температур до  $-50^{\circ}\text{C}$ .

### **Эксплуатация батарей при высоких температурах**

При повышенной температуре электролита быстрее разрушаются электроды, ускоряется сульфатация. Для снижения химической активности электролита его плотность в жарких и теплых влажных климатических районах понижают. Повышение температуры вызывает интенсивное испарение воды из электролита. Под воздействием солнечных лучей и высокой температуры уменьшается прочность моноблоков, крышек, герметизирующей мастики.

Летом в условиях жаркого климата периодичность доливки дистиллированной воды в батареи традиционного исполнения уменьшается до 5–7 суток, тогда как в районах с умеренным климатом эта периодичность составляет 12–15 суток. Необходимость более частого контроля уровня электролита и доливки дистиллированной воды возникает и при эксплуатации в районах жаркого климата необслуживаемых батарей, так как увеличение напряжения начала разложения воды на воздух и кислород за счет применения малосурьмянистых сплавов не снижает скорости испарения воды из электролита при повышенных температурах. При эксплуатации необслуживаемых батарей в районах жаркого климата рекомендуется измерять уровень электролита 1 раз в 2–4 месяца. Продолжительность периода между следующими друг за другом добавлениями дистиллированной воды зависит также от интенсивности эксплуатации автомобиля.

Быстрее в районах с жарким климатом перегреваются батареи, выполненные в моноблоках с темной окраской и устанавливаемые снаружи, когда они не защищены от прямого попадания солнечных лучей. При температуре окружающего воздуха в тени  $45\text{--}47^{\circ}\text{C}$  температура находящихся на солнце батарей в эбонитовых моноблоках черного цвета очень быстро возрастает до  $60\text{--}65^{\circ}\text{C}$ .

Регулируемое напряжение генераторных установок для районов с жарким климатом должно быть снижено до значения, при котором исключается продолжительный перезаряд батарей. При одних и тех же уровнях регулируемого напряжения из-за многократного ускорения процесса снижения уровня электролита батарей, эксплуатируемых при повышенных температурах, срок службы батарей резко уменьшается, в основном, в связи с ускоренным разрушением решеток положительных электродов.

### **Режимы работы аккумуляторных батарей на автомобилях**

Подключенная параллельно генераторной установке, батарея работает в режиме циклирования – чередования разрядов и зарядов. Это связано с тем, что частота вращения генератора при постоянстве передаточного числа к двигате-

лю изменяется в широких пределах, а генератор способен отдавать электро-энергию только при частоте, большей частоты начала отдачи.

Режим циклирования оценивается по продолжительности разряда батареи

$$ПР = \frac{\tau_p}{\tau_p + \tau_z} = \frac{\tau_p}{\tau_{\text{ц}}},$$

где  $ПР$  – относительная продолжительность разряда;

$\tau_p$  – время разряда;

$\tau_z$  – время заряда;

$\tau_{\text{ц}} = \tau_p + \tau_z$  – время цикла.

Токи и продолжительность непрерывного заряда и разряда аккумуляторной батареи при движении автомобиля зависят от частоты вращения ротора генератора, мощности включенных потребителей, степени заряженности и температуры электролита батареи. Частота вращения ротора генератора, в свою очередь, зависит от частоты вращения коленчатого вала.

Генератор должен компенсировать электроэнергию, отданную аккумуляторной батареей в период разряда. Количество электроэнергии, которое получает батарея в период заряда, зависит от токов заряда и предшествующего разряда, напряжения генераторной установки, температуры электролита, величины  $ПР$  и КПД батареи.

Время непрерывного разряда колеблется в пределах от 2 до 20 с, а заряда – от 0,1 до 20 мин в зависимости от дорожных условий. Средняя продолжительность одного цикла  $\tau_{\text{ц}} = \tau_p + \tau_z$  в городских условиях составляет 0,7–1,5 мин, а за городом – 10–12 мин.

Правильный выбор параметров генераторной установки с учетом номинальной емкости батареи и режимов работы потребителей энергии на автомобиле должен обеспечивать положительный баланс электроэнергии применительно к наиболее характерным условиям эксплуатации машины. Положительный зарядный баланс исключает эксплуатацию батареи в течение длительного времени с недостаточной степенью заряженности. Правильно выбранный уровень регулируемого на-



**Рис. 2.44.** Изменение срока службы аккумуляторных батарей 6СТ-60 на автомобилях-такси в зависимости от интенсивности эксплуатации:

1 – ГАЗ-21 с генератором постоянного тока;

2 – ГАЗ-24 с генератором переменного тока

пряжения генераторной установки исключает длительную работу батареи в режиме перезаряда. При эксплуатации батареи с низкой степенью заряженности больше скорость коррозии решеток положительных электродов. При длительных перезарядах происходит ускоренное оплывание активной массы электродов. В обоих случаях заметно сокращается срок службы батареи.

Аккумуляторная батарея в системе электроснабжения является также сглаживающим фильтром пульсаций напряжения генераторной установки и перенапряжений в системе электро-

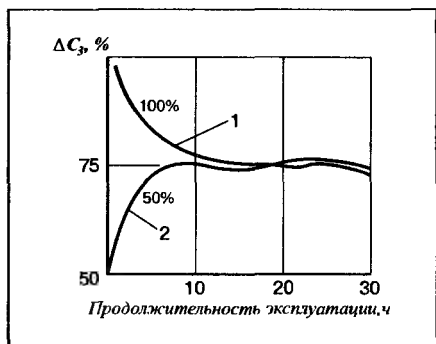


**Рис. 2.45.** Изменение степени заряженности  $\Delta C_3$  батареи при ее работе на автомобиле при различной начальной степени заряженности: 1 – 100%; 2 – 50%

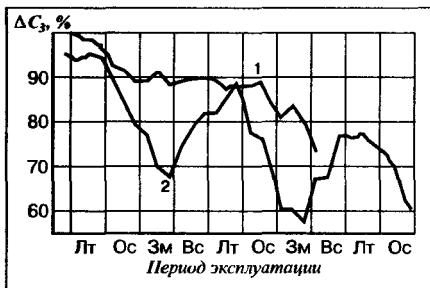


**Рис. 2.46.** Изменение средней степени заряженности батареи  $\Delta C_3$  в течение эксплуатации автомобиля (Лт – лето; Ос – осень; Зм – зима; Вс – весна):

1 – 6СТ-60 на автомобиле ГАЗ-24 (такси);  
2 – 6СТ-90 на автомобиле ЗИЛ-130

оборудования на переходных режимах. К переходным режимам относятся период начальной отдачи генератором энергии, включение отдельных мощных потребителей. Роль аккумуляторной батареи особенно возросла в связи с применением генераторов переменного тока и широким внедрением электронных устройств.

Следует подчеркнуть, что в свое время переход на генераторы переменного тока способствовал увеличению срока службы батарей на автомобилях в широком диапазоне изменения интенсивности эксплуатации в тыс. км/мес (рис. 2.44). Это стало возможным благодаря меньшим частотам начала отдачи энергии генераторами переменного тока по сравнению с генераторами постоянного тока, что позволяет поддерживать более высокий уровень заряженности батареи.

Подзаряд аккумуляторной батареи на автомобиле происходит при постоянстве напряжения. При подключении разряженной батареи к зарядному устройству с постоянным напряжением резко увеличивается зарядный ток. Через несколько минут заряда сила тока стабилизируется. Чем больше продолжительность непрерывного заряда, тем меньше средняя сила тока заряда. При циклировании во время движения автомобиля средняя сила разрядного тока существенно больше (в 2–3 раза) его установившегося значения.

Максимальная сила тока заряда, которую может обеспечить генераторная установка при определенной частоте вращения ротора генератора, представляет собой разность между током генератора и током включенных потребителей электроэнергии. Батарея не всегда может принять тот зарядный ток, который способна обеспечить генераторная установка.

Для поддержания определенного уровня заряженности батареи генератор должен сообщать ей количество электричества, которое батарея отдала во время предшествующего разряда. При движении автомобиля степень заряженности аккумуляторной батареи колеблется около какого-то среднего установившегося значения (рис. 2.45). Если, как в приведенном на рис. 2.45 примере, среднее значение степени заряженности 75%, то при начальной степени заряженности



как 50, так и 100% вследствие саморегулирования зарядного процесса (зарядного тока) через 7–8 ч работы батареи на автомобиле ее степень заряженности приближается к среднему значению. Установившаяся степень заряженности батареи будет тем выше, чем выше уровень регулируемого напряжения генераторной установки, температура электролита, и чем меньше сила тока и время цикла разряда. Этим и объясняется снижение уровня заряженности батареи на автомобиле зимой даже при выполнении рекомендаций по величине регулируемого напряжения генераторной установки (рис. 2.46). Средний уровень заряженности заметно снижается по мере старения аккумуляторной батареи.

### **Транспортировка аккумуляторных батарей**

Допускается возможность транспортировки стартерных свинцовых аккумуляторных батарей всеми видами транспорта. При подготовке к транспортировке завод–изготовитель должен обеспечить упаковку или размещение батарей в транспортной таре.

Стартерные свинцовые аккумуляторные батареи имеют всеклиматическое исполнение и относятся к т.н. 2–й категории размещения. Это значит, что при эксплуатации, хранении и транспортировке батарей они должны быть защищены от воздействия солнечных лучей и атмосферных осадков, пыли и грязи, их следует перевозить в крытых транспортных средствах или контейнерах.

Упаковка в бумагу используется для предохранения батарей обычной конструкции с ячеечными крышками от попадания пыли, стружек, опилок и т.п. (упаковочные материалы) на мастику. Как один из видов индивидуальной внутренней упаковки, бумажная упаковка не используется для батарей в пластмассовых моноблоках с общей крышкой, не имеющих заливочной мастики. Бумажная упаковка не защищает батареи от повреждений при транспортировке и проведении погрузочно–разгрузочных работ.

От механических повреждений батареи способны предохранить коробки из картона и гофрокартона. Они используются для внутренней упаковки батарей массой до 40 кг. Упаковки из бумаги и картона оклеивают липкой лентой и обвязывают шпагатом.

В качестве транспортной тары применяются деревянные (фанерные) ящики, металлические поддоны и стандартные металлические контейнеры. Перед установкой батареи в деревянный ящик на дне ящика укладывают слой упаковочного материала. Батареи в ящик устанавливают выводами вверх так, чтобы между батареями и стенками ящика был зазор, который также заполняется уплотнительным материалом (древесная стружка, опилки, бумага и т.п.). Снаружи ящики обтягиваются стальной лентой.

Тарой многоразового использования являются металлические ящичные поддоны. Батареи в поддон устанавливают в один ярус выводами вверх и уплотняют деревянными брусками. Между батареями с общей крышкой прокладывают листы картона, чтобы избежать повреждения крышек. Установленные в поддон сухоразряженные батареи сверху накрываются бумагой.

Перед установкой залитых электролитом и заряженных необслуживаемых батарей в поддон закладывают полиэтиленовую пленку, в которую затем заворачивают весь блок батарей.

Ящичные поддоны можно пакетировать в несколько ярусов при погрузочно-разгрузочных работах, при установке на хранение и транспортировке.

Пол транспортных контейнеров перед установкой батарей также покрывают упаковочными материалами. Зазоры между размещенными в контейнере батареями заполняют картоном или деревянными решетчатыми щитами, что предохраняет батареи от перемещений и соударений при транспортировке.

Автомобильным транспортом можно перевозить батареи в бумажной упаковке, в картонных коробках и в решетчатых деревянных ящиках. Количество ярусов батарей при погрузке в кузов зависит от типа кузова, типа упаковки, высоты бортов кузова и грузоподъемности автомобиля. При перевозке батарей в открытом кузове они должны быть тщательно закрыты брезентом.

Железнодорожным транспортом батареи перевозятся в любых видах упаковки. При перевозке водным транспортом наиболее целесообразной является транспортная тара в виде деревянных ящиков и контейнеров.

### **Хранение аккумуляторной батареи**

До приведения в рабочее состояние перед установкой на автомобиль стартерные аккумуляторные батареи могут находиться на длительном хранении. Большая часть выпускаемых в стране автотракторных батарей изготавливается в сухозаряженном исполнении, т.е. с отформированными и заряженными электродами. Максимальный срок хранения сухозаряженных свинцовых батарей не должен превышать трех лет.

При хранении сухозаряженных батарей необходимо соблюдать ряд условий. Важнейшим условием хранения сухозаряженной батареи является обеспечение полной герметичности внутренней полости каждого аккумулятора. При нарушении герметичности произойдет окисление и разряд электродов. При этом будет ниже емкость батареи на первом цикле и уменьшится срок службы батареи в целом.

Для сохранения герметичности пробки должны быть плотно ввинчены в заливочные отверстия крышек батареи, пленки и приливы на пробках, закрывающие вентиляционные отверстия, должны быть на месте.

Температура в помещениях для хранения батарей не должна выходить за пределы, указанные в инструкциях по эксплуатации. Для батарей с раздельными крышками температура не должна быть ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ , иначе возможно растрескивание герметизирующей мастики. При температуре выше  $60^{\circ}\text{C}$  возможно оплыwanie мастики. Хранение батарей в пластмассовых моноблоках с общими крышками допускается при температурах не ниже  $-50^{\circ}\text{C}$ .

При размещении батарей на хранение они должны устанавливаться в один ряд выводами вверх. В целях экономии места целесообразно оборудовать хранилище стеллажами. Батареи должны быть защищены от попадания прямых солнечных лучей. К батареям должен быть обеспечен доступ обслуживающего персонала для осмотра и контроля надежности герметизации пробок, крышек и целостности мастики. Трещины в мастике должны быть устранены путем оплавления слабым пламенем газовой горелки.

Необслуживаемые батареи выпускаются залитыми электролитом. Хранение этих батарей, а также батарей, снятых с автомобилей после небольшого перио-

да работы, и батареей, не эксплуатируемых в течение некоторого времени, имеет свои особенности.

Как было отмечено ранее, при длительном бездействии аккумуляторные батареи теряют часть емкости вследствие саморазряда. Интенсивность саморазряда возрастает с повышением температуры, поэтому залитые электролитом батареи следует ставить на хранение полностью заряженными и поддерживать температуру в хранилище не выше 0°C. В соответствии с инструкциями по эксплуатации в этих условиях максимальный срок хранения батарей составляет 1,5 года, тогда как при комнатной температуре срок хранения батарей уменьшается до 9 мес.

Благодаря меньшему саморазряду, необслуживаемые батареи можно в течение 1 года хранить без подзаряда. У новых необслуживаемых батарей снижение емкости до 50% от номинальной происходит за 12 мес.

Приведенные в рабочее состояние и не устанавливаемые на машины батареи, а также батареи, снятые с машин после непродолжительной эксплуатации, перед постановкой на хранение полностью заряжают. Плотность электролита доводят до нормы. У батарей, предназначенных для эксплуатации зимой в холодных климатических зонах, плотность понижают с 1,30 – 1,31 до 1,28 – 1,29 г/см<sup>3</sup>.

Обслуживание батарей во время хранения ограничивается ежемесячной проверкой плотности электролита и подзарядом в случае снижения плотности на 0,04 г/см<sup>3</sup> и более. При длительном хранении батарей при температуре выше 0°C требуется ежемесячно их подзаряжать. Батареи, находящиеся в резерве, должны быть в постоянной готовности и иметь при хранении степень заряженности не менее 75%. Аккумуляторные батареи, поставленные на хранение из-за сезонных простоев автомобилей, могут иметь степень заряженности меньше 75%, так как к ним не предъявляется требование быть в постоянной готовности к эксплуатации. Такие батареи рекомендуется подзаряжать, если при ежемесячном контроле плотность электролита снижается на 0,05 г/см<sup>3</sup> по сравнению с первоначальной плотностью электролита в момент постановки батареи на хранение. Такое снижение плотности соответствует примерно 70% степени заряженности батареи.

Перед постановкой на хранение батарей, снятых с автомобиля, после длительной их эксплуатации (более 1 года эксплуатации или после пробега более 50000 км) их необходимо подвергнуть контрольно-тренировочному циклу заряда и разряда для определения фактической емкости. Для этого осуществляется полный заряд батареи, при необходимости корректируется плотность электролита, затем батарея полностью разряжается током 20-часового режима и снова полностью заряжается. Если при разряде емкость составляет менее 40% от номинальной, то батарея снимается с эксплуатации. При емкости, меньшей 60% от номинальной, батарею ставить на хранение нецелесообразно, так как даже после непродолжительного хранения она выйдет из строя. В этом случае лучше установить батарею на автомобиль и эксплуатировать до полной выработки ресурса.

Залитые электролитом и заряженные аккумуляторные батареи можно хранить на автомобиле. При этом желательно, чтобы температура окружающей среды не опускалась ниже -15°C.

Для уменьшения трудоемкости обслуживания находящихся на хранении батарей, при положительных температурах электролит в батареях заменяют депассиватором, в качестве которого используют раствор борной кислоты. Перед постановкой на хранение аккумуляторную батарею полностью заряжают постоянным током номинального режима в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Затем электролит из батареи полностью удаляют и батарею дважды тщательно промывают дистиллированной водой. Удалять электролит из батареи следует не менее 15 мин, а в залитом дистиллированной водой состоянии выдерживать по 15–20 мин. Сразу после промывки дистиллированной водой батарею заполняют заранее приготовленным 5%-м раствором борной кислоты, закрывают пробками с вентиляционными отверстиями, протирают ветошью и устанавливают на хранение.

Борную кислоту растворяют в горячей (70 – 80°C) воде из расчета 50 г кислоты на 1 л воды. В батарею заливают раствор борной кислоты, охлажденный до 25 – 30°C.

По окончании срока хранения с депассиватором батарею нужно подготовить к дальнейшей эксплуатации. Для этого из нее выливают раствор борной кислоты в течение 15–20 мин, а затем заливают в батарею электролит плотностью ( $1,37 \pm 0,01$ ) г/см<sup>3</sup> и выдерживают 40 мин.

При хранении батарей с залитым в них раствором борной кислоты их стартерные характеристики не ухудшаются и срок службы в процессе дальнейшей эксплуатации не уменьшается. Нет также необходимости подзаряжать батарею как при хранении, так и после хранения перед установкой на автомобиль.

Вследствие саморазряда, установленные на хранение батареи с электролитом выделяют взрывоопасную смесь водорода с кислородом, поэтому помещения для хранения батарей должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию.

### **Подготовка аккумуляторных батарей к эксплуатации**

Аккумуляторные батареи в сухозаряженном исполнении выпускаются без электролита. По согласованию с потребителем допускается поставка несухозаряженных батарей, а также батарей, залитых электролитом и полностью заряженных.

Электролит готовят из серной кислоты и дистиллированной воды. Концентрированная серная кислота представляет собой прозрачную жидкость без цвета и запаха с плотностью 1,83 г/см<sup>3</sup> и содержанием в ней чистой серной кислоты 94%. Точка кипения ее – 33°C.

Температура заливаемого в аккумуляторы электролита не должна выходить за пределы 15 – 30°C. В зависимости от климатических районов эксплуатации батареи заливают электролит различной плотности (табл. 2.4).

От плотности электролита зависит температура его замерзания (табл. 2.5).

Батарея готова к эксплуатации, если через 0,3 – 2 ч плотность залитого электролита снижается не более, чем на 0,03 г/см<sup>3</sup>. В противном случае батарею необходимо подзарядить. Температура электролита не должна быть выше 35°C при подключении батареи к зарядному устройству и 45°C в процессе подзаряда. Если в конце заряда плотность отличается от нормы, ее корректируют добавлением дистиллированной воды или раствора серной кислоты плотностью 1,4 г/см<sup>3</sup>.

**Таблица 2.4. Плотность электролита, рекомендуемая для различных климатических районов**

| Микроклиматические районы;<br>среднемесячная температура<br>воздуха в январе, °С | Время<br>года | Плотность электролита, приведенная<br>к 25°С, г/см <sup>3</sup> |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------|
|                                                                                  |               | Заливаемого                                                     | Заряженной батареи |
| Холодный:<br>очень холодный от -50 до -30                                        | Зима          | 1,28                                                            | 1,30               |
|                                                                                  | Лето          | 1,24                                                            | 1,26               |
| холодный от -30 до -15                                                           | Круглый год   | 1,26                                                            | 1,28               |
| Умеренный:<br>умеренный от -15 до -8                                             | То же         | 1,24                                                            | 1,26               |
| жаркий сухой от -15 до +4                                                        | —             | 1,22                                                            | 1,24               |
| теплый влажный от 0 до +4                                                        | —             | 1,20                                                            | 1,22               |

**Таблица 2.5. Температура замерзания электролита различной плотности**

| Плотность<br>электролита, г/см <sup>3</sup> ,<br>при температуре 25°С | Температура<br>замерзания, °С | Плотность<br>электролита, г/см <sup>3</sup> ,<br>при температуре 25°С | Температура<br>замерзания, °С |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1,09                                                                  | -7                            | 1,24                                                                  | -50                           |
| 1,12                                                                  | -10                           | 1,26                                                                  | -58                           |
| 1,14                                                                  | -14                           | 1,29                                                                  | -66                           |
| 1,16                                                                  | -18                           | 1,30                                                                  | -68                           |
| 1,18                                                                  | -22                           | 1,40                                                                  | -36                           |

Допускается установка на автомобиль сухозаряженной батареи после 20-минутной пропитки электролитом, если батарея находилась на хранении больше года, а температура заливаемого электролита не превышала 15°С. Однако при первом перерыве в работе автомобиля рекомендуется батарее полностью зарядить и довести плотность электролита до нормы.

Большинство сухозаряженных батарей, которые хранились со дня изготовления меньше года, не требуют подзаряда при подготовке к эксплуатации. При сроках хранения, больших 1 года, батареи необходимо зарядить. При вводе в эксплуатацию необходимо также заряжать и несухозаряженные батареи.

Сухозаряженные батареи, хранившиеся при отрицательных температурах до -30°С, при необходимости срочного ввода их в действие можно заполнять подогретым электролитом с температурой +(40±2)°С и плотностью (1,27±0,01) г/см<sup>3</sup>. Такой электролит готовят в следующей последовательности. Во-первых, заранее приготавливают электролит плотностью 1,20–1,21 г/см<sup>3</sup> при температуре 15°С

(0,245 дм<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты плотностью 1,83 г/см<sup>3</sup> на 1 л дистиллированной воды) и затем оставляют его на хранение в отапливаемом помещении. Перед заливкой в холодную батарею к 1 л заранее приготовленного электролита плотностью 1,20–1,21 г/см<sup>3</sup> доливают 0,13 литра серной кислоты плотностью 1,83 г/см<sup>3</sup>, получая электролит плотностью 1,26–1,28 г/см<sup>3</sup> и с температурой 40°C. Подогретый электролит заливают в батарею, которую выдерживают в течение 1 ч и устанавливают на транспортное средство, если срок хранения батареи менее 1 года. При большем сроке хранения проверяется плотность электролита и в случае ее снижения на 0,03 г/см<sup>3</sup> батарею подзаряжают.

Батареи, срок хранения которых без электролита превысил установленные инструкциями по эксплуатации сроки (3 и 5 лет), после пропитки электролитом должны быть полностью заряжены в номинальном режиме током силой 0,05С<sub>20</sub>.

### **Уход за батареями в эксплуатации**

Уход за батареей на автомобиле предусматривает содержание ее в чистоте, контроль технического состояния и режима заряда.

*Внешний осмотр.* Батарею необходимо периодически осматривать. Ее поверхность должна быть чистой. Обычно поверхность батареи покрыта электропроводным слоем пыли, смоченной слабым раствором серной кислоты. Электролит, попадающий на поверхность батареи, вытирают чистой ветошью, смоченной в растворе нашатырного спирта или в 10% растворе кальцинированной соды.

Особенно внимательно рекомендуется следить за чистотой и состоянием выводов, наконечников проводов и вентиляционных пробок. Коррозия токоведущих деталей, а также неплотное прилегание наконечников проводов к выводам батареи увеличивают сопротивление цепи питания электростартера и вызывают его искрение. Не менее двух раз в месяц необходимо проверять плотность контакта наконечников проводов с полюсными выводами, чистоту вентиляционных отверстий пробок и надежность крепления батареи. Полюсные выводы и наконечники проводов смазывают техническим вазелином.

Внешний осмотр, очистка поверхности батареи, проверка ее крепления, а при необходимости и измерение уровня электролита проводятся при каждом ТО–1. Те же операции производятся и при ТО–2. Объем их зависит от типа, конструкции батареи и места ее установки на транспортном средстве.

При визуальном осмотре батарей различных типов необходимо учитывать характер возможных механических неисправностей. Так, в батареях обычной конструкции с ячеечными крышками при эксплуатации могут появляться трещины в стенках эбонитовых моноблоков, в крышках у заливочных отверстий и выводов, в заливочной мастике. Возможно вспучивание и отслаивание герметизирующей мастики от поверхностей моноблоков и крышек. Указанные неисправности устраняют с помощью паяльника. Для этого паяльником прогревают мастику в местах образования трещин до ее расплавления. При значительных повреждениях и сплошном отслаивании мастики от стенок по периметру моноблока мастику снимают лопаткой, надетой на электрический паяльник. Снятую мастику разогревают и в том же количестве заливают в места стыка. Во время визуального осмотра батарей в полипропиленовых моноблоках с общими крышками в основном обращают внимание на состояние контактных пар наконечники прово-

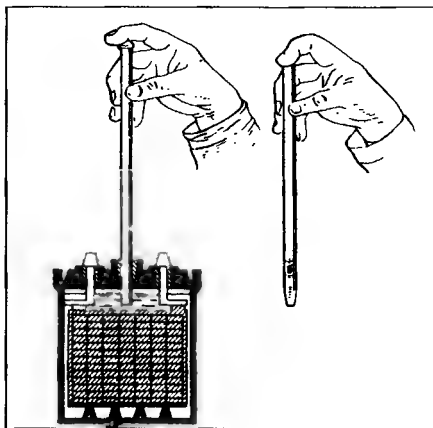


Рис. 2.47. Измерение уровня электролита

дов – выводы. При изменении температуры наблюдается заметное изменение геометрических размеров пластмассовых моноблоков. Поэтому необходимо тщательно проверять крепление батарей за выступы в нижней части пластмассовых моноблоков, чтобы не допускать перемещения батареи на опорной площадке при ослаблении крепления.

Нельзя присоединять провода к полюсным выводам с натяжением. Это может привести к расшатыванию полюсных выводов в крышках и повреждению крышек. Во избежание появления трещин в моноблоке болты крепления батарей в местах установки должны быть затянуты равномерно.

Батарея меньше загрязняется при установке в контейнере. Очистку поверхности таких батарей от грязи и пыли можно производить только при ТО-2.

**Измерение уровня электролита.** Вследствие испарения воды и выделения водорода и кислорода при электролизе воды в аккумуляторах постепенно понижается уровень электролита, что требует постоянного его контроля и корректировки. Методы проведения этих операций различны для разных типов применяемых в настоящее время батарей.

В батареях с непрозрачными моноблоками уровень электролита измеряют стеклянной трубкой диаметром 6–8 мм и длиной 100–120 мм (рис. 2.47). Трубку опускают, по возможности вертикально, в заливочное отверстие до упора в предохранительный щиток. Затем верхний конец мерной трубки зажимают пальцем и вынимают ее из аккумулятора. Высота столбика электролита в трубке соответствует уровню электролита в аккумуляторе над предохранительным щитком. Нормальным является уровень в пределах 10–15 мм.

В батареях с прозрачными пластмассовыми моноблоками уровень электролита в каждом аккумуляторе контролируют через стенки моноблока, на боковых поверхностях которых могут быть нанесены две отметки, соответствующие минимально и максимально допустимым уровням электролита.

Если уровень электролита выше или совпадает с верхней отметкой, то часть электролита следует из аккумулятора удалить. То же самое необходимо сделать, если будет выше 15 мм уровень электролита, измеренный трубкой в батареях с непрозрачными моноблоками. При уровне электролита ниже нормы в аккумуляторах доливают дистиллированную воду до максимально допустимого уровня.

Зимой при низких температурах воду рекомендуется доливать непосредственно перед пуском двигателя. В этом случае исключается вероятность замерзания воды, так как она быстрее перемешивается с электролитом при стартерном разряде батареи. Электролит той же плотности, какую имеет электролит в

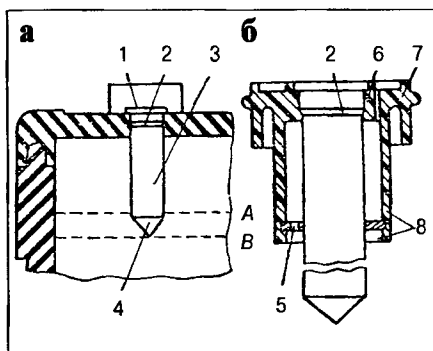


**Рис. 2.48. Световой индикатор для измерения уровня электролита:**

**а** – установка в аккумуляторе; **б** – конструкция; 1 – плоская поверхность стержня; 2 – кольцеобразный выступ для закрепления стержня в пробке; 3 – стержень; 4 – светоотражающая призматическая поверхность; 5, 6 – вентиляционные отверстия; 7 – пробка; 8 – защитный пояс, предохраняющий стержень от попадания на него электролита

аккумуляторе, доливают в том случае, если точно установлено выплескивание электролита из аккумулятора. Выбрасывание электролита на поверхность крышки и быстрое уменьшение его уровня указывают на систематический перезаряд батареи.

Уровень электролита можно определять световым индикатором (рис. 2.48), в котором используется принцип изменения освещенности одной из поверхностей прозрачного тела в зависимости от степени его погружения в электролит. Индикатор в виде стержня 3 имеет призматическую светоотражающую поверхность 4. На призматическую поверхность свет попадает через плоскую поверхность 1. Когда уровень электролита в аккумуляторе в пределах нормы (между отметками А и В), поверхность 4 находится в электролите и свет, поступающий по стержню 3, расплывается. Если уро-

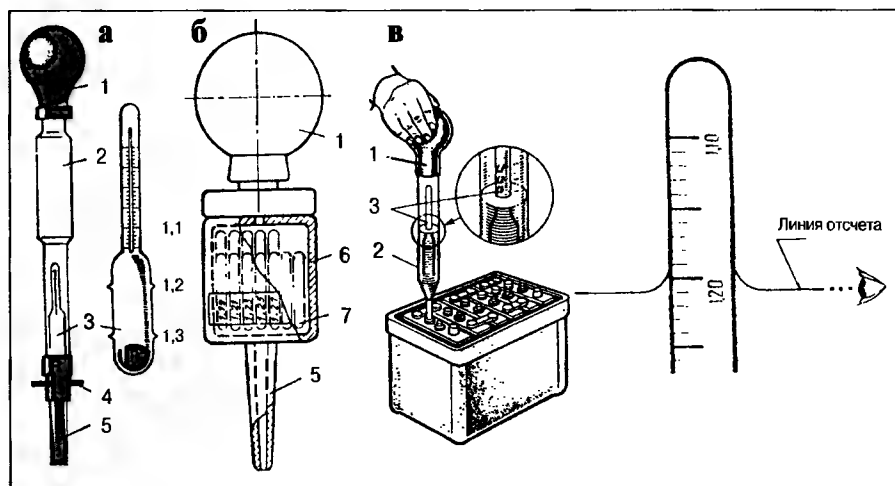


**Рис. 2.49. Приборы для измерения плотности электролита:**

**а** – денсиметр с пипеткой; **б** – плотномер; **в** – измерение плотности денсиметром; 1 – резиновая груша; 2 – пипетка; 3 – денсиметр; 4 – резиновая пробка; 5 – пластмассовая трубка (наконечник); 6 – прозрачный корпус; 7 – пластмассовые поплавки



**Таблица 2.6. Определение разряженности батареи по величине измеренной плотности**

| Плотность электролита полностью заряженной батареи, г/см <sup>3</sup> | Плотность электролита, г/см <sup>3</sup> , при степени разряженности батареи, % |      |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------|
|                                                                       | 25                                                                              | 50   |
| 1,30                                                                  | 1,26                                                                            | 1,22 |
| 1,28                                                                  | 1,24                                                                            | 1,20 |
| 1,26                                                                  | 1,22                                                                            | 1,18 |
| 1,24                                                                  | 1,20                                                                            | 1,16 |
| 1,22                                                                  | 1,18                                                                            | 1,14 |

вень электролита ниже линии В, световой поток отражается от призматической поверхности и увеличивает освещенность поверхности 1. Конструктивно световой индикатор выполняют в виде резиновой или пластмассовой пробки 7, которую вставляют в заливочное отверстие аккумулятора.

### Приборы для измерения плотности электролита и оценки технического состояния батареи

Один раз в три месяца и при снижении надежности пуска двигателя необходимо проверить степень разряженности батареи по плотности электролита. Разряженность батареи по величине измеренной плотности определяют с учетом начальной плотности электролита полностью заряженной батареи в соответствующем климатическом районе (табл. 2.6). Ориентировочно состояние заряженности батареи можно определить из условия, что при изменении на 0,01 г/см<sup>3</sup> плотности электролита происходит изменение степени заряженности примерно на 6,25% (при сроке службы до 75% от установленного для батареи).

Плотность электролита измеряют денсиметром 3 (рис. 2.49, а), помещенным в стеклянной пипетке 2, или плотномером (рис. 2.49, б). При измерении плотности полость пипетки 2 или плотномера заполняется электролитом из аккумулятора с помощью груши 1. Плотность электролита отсчитывают по делению шкалы денсиметра, которое устанавливается на уровне поверхности электролита. Цена деления шкалы денсиметра 0,01 г/см<sup>3</sup>. Денсиметр не должен касаться стенок пипетки. Точность показаний денсиметра повышается, если перед измерением 2–3 раза наполнить пипетку электролитом и вылить его. При использовании плотномера плотность определяют по последнему из всплывших поплавков 7, против которого на прозрачном корпусе 6 находится надпись с большим значением плотности.

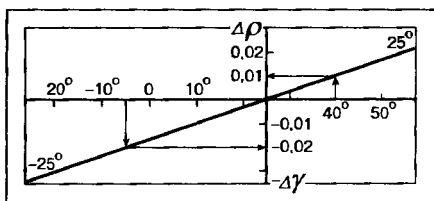


**Рис. 2.50. Определение температурной поправки к показаниям денсиметра при приведении плотности электролита к температуре 25°С**

Чтобы учесть температурную поправку, одновременно с измерением

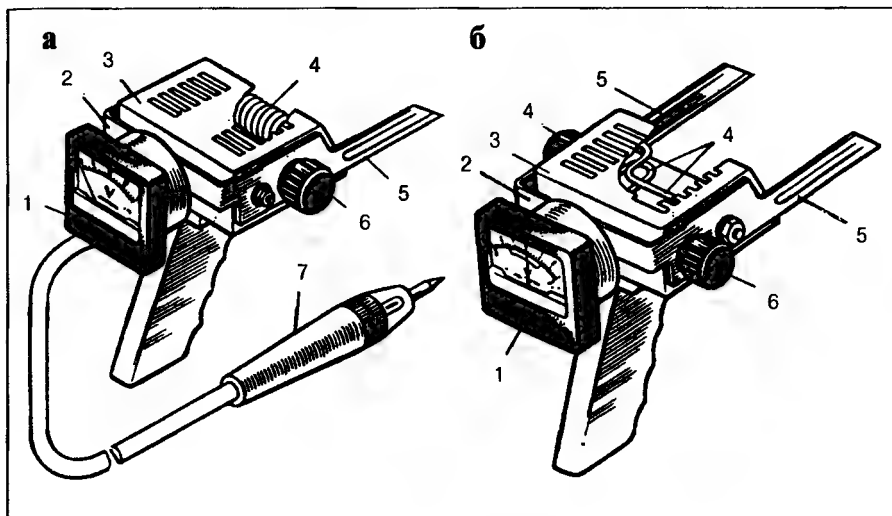


**Рис. 2.51. Аккумуляторные пробники:**

**а** – Э107; **б** – Э108; 1 – вольтметр; 2 – пружин; 3 – корпус; 4 – нагрузочный резистор; 5 – контактная ножка; 6 – контактная гайка; 7 – щуп

плотности  $\rho_f$  измеряют температуру электролита  $t_{эл}$ . Для приведения плотности к температуре 25°C используют график на рис. 2.50.

Аккумуляторные батареи, степень разряженности которых больше 50% летом и 25% зимой, необходимо снять с эксплуатации и зарядить в стационарных условиях.

**Оценка технического состояния.** После длительной эксплуатации батареи проявляется неоднородность технического состояния отдельных аккумуляторов. Плотность электролита в них может отличаться более чем на 0,01 г/см<sup>3</sup>, т.е. значение, которое допускается инструкцией по эксплуатации батареи. Все это приводит к увеличению погрешности при определении степени заряженности батареи.

Для быстрой оценки технического состояния аккумуляторов и батареи в целом применяют аккумуляторные пробники Э107 и Э108 (рис. 2.51). Пробником Э107 (рис. 2.51, а) проверяют работоспособность 12-вольтовых батарей с межэлементными переключателями под крышкой. При проверке батареи щуп 7 подключается к отрицательному выводу, а контактная ножка 5 к положительному выводу батареи. Батарея исправна, если напряжение под нагрузкой в конце пятой секунды будет больше 8,9 В. Нагрузочные резисторы пробника Э107 соединены с одной контактной ножкой постоянно, а с другой соединение осуществляется с помощью гайки. Щуп 7 прикреплен к корпусу пробника с помощью гибкого изолированного провода.

Аккумуляторный пробник Э108 (рис. 2.51, б) используют для батарей с межэлементными переключателями над крышкой. Пробник Э108 унифицирован с пробни-

ком Э107, имеет три нагрузочных резистора из нихрома, две контактные гайки 6 и вольтметр 1 с двухсторонней шкалой, что не требует соблюдения полярности при измерениях. Различное включение позволяет проверять отдельные аккумуляторы батарей емкостью 45–105, 105–150 и 150–190 А·ч.

При измерении напряжения острия контактных ножек плотно прижимаются к выводам проверяемого аккумулятора, чтобы контактные ножки прокололи свинцовую окисную пленку на поверхности выводов и обеспечивали надежный электрический контакт. Время подключения нагрузки не должно быть больше 5 с, чтобы избежать перегрева нагрузочных резисторов. Если напряжение исправного и заряженного аккумулятора отличается от напряжения других аккумуляторов на 0,1 В или падает ниже 1,4 В, батарею требуется зарядить в стационарных условиях или отремонтировать. При отключенных резисторах (если отворачивать обе гайки) отключается нагрузка и вольтметрами пробников измеряют ЭДС аккумуляторов или батареи (пробник Э107).

После завершения работы с пробниками контактные ножки и щуп следует протереть для удаления электролита и смазать техническим вазелином. Хранить пробники рекомендуется в помещении, где отсутствуют пары кислоты. При длительном хранении все неокрашенные металлические поверхности деталей пробников должны быть покрыты консервационной смазкой.

Категорически запрещается проверять техническое состояние аккумуляторов и батареи коротким замыканием «на искру» проводом большого сечения или металлическим предметом. Это приводит к быстрому выходу батареи из строя из-за выпадения активной массы и деформации электродов. При сильном искрении может произойти взрыв водородно-кислородной смеси в аккумуляторе.

### Методы заряда аккумуляторных батарей

Аккумуляторные батареи заряжают от источника постоянного тока, на выводах которого напряжение выше зарядного напряжения заряжаемой батареи. При подключении к источнику тока положительный и отрицательный выводы батареи подсоединяются соответственно к положительным и отрицательным выводам источника. Сила зарядного тока

$$I_3 = \frac{U_{и.т.} - U_3}{R},$$

где  $U_{и.т.}$  – напряжение источника тока;

$U_3$  – зарядное напряжение аккумуляторной батареи;

$R$  – суммарное сопротивление зарядной цепи.

В стационарных условиях аккумуляторную батарею можно заряжать при постоянной силе тока или при постоянном напряжении. Напряжение зарядного устройства уменьшается с увеличением силы тока. Для поддержания постоянным одного из основных параметров режима заряда необходимо применять регулирующие устройства.

*Заряд при постоянной силе тока.* В этом случае заряжаемые батареи соединяются между собой последовательно и подключаются к зарядному устройству. Для поддержания постоянства силы тока в процессе заряда необходимо изме-

нять напряжение источника тока или сопротивление зарядной цепи. Основные способы регулирования силы тока заряда: включение в цепь заряда последовательно с аккумуляторными батареями реостата; применение регуляторов тока, в частности, тиристорных, которые поддерживают постоянным среднее значение зарядного тока за счет периодического включения в цепь заряда дополнительного резистора; изменение напряжения источника тока ручным или автоматическим регулирующим устройством в соответствии с показаниями амперметра.

Большинство зарядных устройств получают питание от сети переменного тока и имеют трансформатор, поэтому допускают ступенчатую или плавную регулировку выходного напряжения за счёт изменения коэффициента трансформации.

Число одновременно подключаемых на заряд батарей зависит от напряжения зарядного устройства или зарядной сети. Для обеспечения полного заряда 12-вольтовой батареи к ней нужно подвести напряжение 16,2 В, т.е. по 2,7 В на каждый аккумулятор. Следовательно, число батарей с номинальным напряжением 12 В, одновременно подключаемых к зарядному устройству, можно рассчитать по формуле:

$$n_6 = \frac{U_{и.т.}}{U_{к.з.}},$$

где  $U_{и.т.}$  – напряжение зарядного устройства (зарядной сети);

$U_{к.з.}$  – напряжение батареи в конце заряда.

Количество групп батарей, которое одновременно можно подключить к зарядному устройству, зависит от мощности последнего:

$$m_r = \frac{P_H}{U_{и.т.} I_3} = \frac{I_H}{I_3},$$

где  $m_r$  – число групп батарей;

$P_H$  – номинальная мощность зарядного устройства;

$I_3$  – сила тока заряда;

$I_H$  – номинальный ток нагрузки зарядного устройства.

Сила зарядного тока  $I_3$  выбирается, исходя из выбранного режима заряда. При 10-часовом режиме заряда  $I_3=0,1C_{20}$  А, при 20-часовом  $I_3=0,05C_{20}$  А.

Заряд при постоянстве силы тока отличается сравнительной простотой регулирующих устройств и обеспечивает полный заряд батарей. По силе тока и времени заряда можно легко определить полученное батареями количество электричества. Недостатком метода является большая продолжительность и обильное газовыделение в конце заряда. Выделяющийся при электролизе воды газ создает видимость кипения электролита. Газовыделение и связанные с ним снижение уровня электролита, увеличение потерь энергии и температуры батареи уменьшаются при ступенчатом заряде. Чаще всего для этого используется контрольный заряд, состоящий из двух ступеней с различным уровнем зарядного тока. Первая ступень заряда током силой  $0,1C_{20}$  А продолжается до тех пор,

пока напряжение на каждом аккумуляторе не поднимется до 2,4 В (14,4 В для 12-вольтовой батареи). На второй ступени сила тока составляет  $0,05C_{20}$  А и поддерживается постоянной до конца заряда.

КПД заряда зависит от силы зарядного тока, степени заряженности батареи и температуры электролита. КПД заряда в комнатных условиях при силе тока заряда, меньшей  $0,1C_{20}$  А, для исправных батарей можно принять равным 0,85 – 0,90.

Пределы регулирования включаемого последовательно с заряжаемыми батареями реостата можно определить по формулам:

$$R_n = \frac{U_{и.т.} - n_6 U_{н.з.}}{I_3}; \quad R_k = \frac{U_{и.т.} - n_6 U_{к.з.}}{I_3},$$

где  $U_{и.т.}$  – напряжение зарядного устройства;

$U_{н.з.}$ ,  $U_{к.з.}$  – напряжение на выводах батареи соответственно в начале и в конце заряда;

$n_6$  – число последовательно включенных аккумуляторных батарей.

Большая продолжительность заряда, необходимость постоянного контроля и регулирования зарядного тока, повышенный расход электроэнергии на электролиз воды, повышение температуры в конце заряда, отрицательное влияние пв-

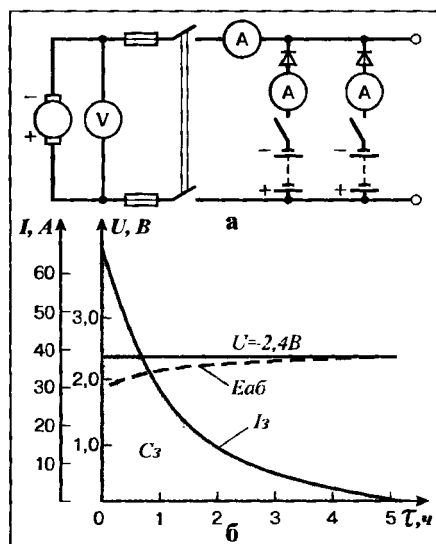


Рис. 2.52. Заряд аккумуляторных батарей при постоянном напряжении:

а – схема подключения батарей к зарядному устройству; б – характеристики заряда

резаряда и высокой температуры на состояние электродов являются недостатками способа заряда батарей при постоянной силе тока, которых можно хотя бы частично избежать при других способах заряда.

**Заряд при постоянном напряжении.** При этом способе заряда аккумуляторные батареи подключают непосредственно к источнику питания, напряжение которого поддерживается постоянным (рис. 2.52). По мере заряда ЭДС и напряжение на выводах аккумулятора возрастают и зарядный ток уменьшается. В начальный момент сила тока заряда зависит от степени разряженности батареи, температуры электролита, величины выходного напряжения зарядного устройства и может достигать  $(1-1,5)C_{20}$  А.

Выбор оптимального значения зарядного напряжения зависит от температуры электролита и технического состояния батареи. Чем выше зарядное напряжение, тем интенсивнее заряд, но

больше газовыделение и влияние других побочных факторов. При данном способе заряда возможен перегрев батареи вследствие большой силы тока в начале заряда. Заряд при постоянном напряжении затрудняется в условиях низких температур, так как резко возрастает внутреннее сопротивление батареи.

Способ заряда при постоянном напряжении отличается простотой, так как для поддержания необходимого режима заряда не нужны регулирующие устройства. Зарядное напряжение на каждый аккумулятор должно составлять 2,4–2,5 В, следовательно, зарядное напряжение для 6-вольтовой батареи должно быть 7,2–7,5 В, а для 12-вольтовых – 14,4–15,0 В. Сила зарядного тока для каждой батареи устанавливается автоматически. В процессе заряда с увеличением ЭДС батареи сила тока уменьшается и к концу заряда практически понижается почти до нуля. Батарею можно зарядить до 90 – 95% от номинальной емкости.

Частным случаем заряда при постоянном напряжении является заряд по закону «ампер-часов», при котором аккумуляторная батарея заряжается током силой, численно равной 95% емкости, которую надо сообщить батарее при последующем заряде. Сила зарядного тока при таком условии снижается. Процесс заряда будет форсированным, но с наименьшими потерями энергии, без перегрева электролита и обильного газообразования. Заряд по закону «ампер-часов» позволяет обеспечить полный заряд батареи за 4–4,5 ч, а до 90% номинальной емкости батарея заряжается за 2,5 ч.

При постоянстве напряжения подзаряжаются батареи на автомобилях. Так как полный заряд батарей в этом случае невозможен, рекомендуется периодически снимать батарею с машины и проводить полный заряд при постоянной силе тока в стационарных условиях.

**Модифицированный заряд.** Целью модифицированного заряда является снижение силы тока в начальный период заряда и уменьшение влияния колебаний

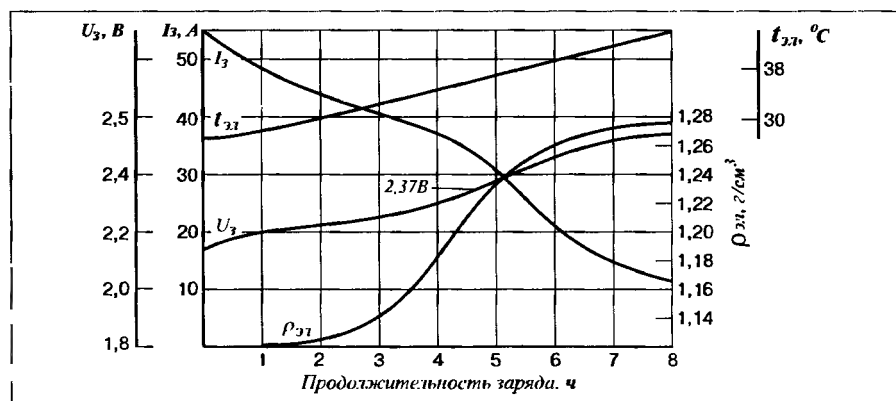


Рис. 2.53. Изменение напряжения на аккумуляторе  $U_z$ , силы тока  $I_z$ , температуры электролита  $t_{эл}$  и плотности электролита при модифицированном заряде

напряжения в зарядной сети на зарядный ток. В цепь заряда включается небольшой резистор. Напряжение зарядной сети поддерживается постоянным в пределах от 2,5 до 3,0 В на каждый аккумулятор. Оптимальное для свинцовых аккумуляторов напряжение 2,6 В обеспечивает заряд примерно за 8 ч.

Изменение параметров свинцового аккумулятора в процессе модифицированного заряда при напряжении зарядной сети 2,63 В и добавочном сопротивлении 0,0091 Ом показано на рис. 2.53. Уже через 7 ч аккумулятор восстанавливает отданную при разряде емкость и далее в течение часа работает в режиме перезаряда.

*Форсированный заряд.* Для быстрого восстановления работоспособности сильно разряженной аккумуляторной батареи проводят форсированный заряд током силой численно равной  $0,7C_{20}$  А. Время форсированного подзаряда должно быть тем меньше, чем больше сила тока заряда (30 мин при силе тока  $0,7C_{20}$  А, 45 мин при токе  $0,5C_{20}$  А и 90 мин при токе  $0,3C_{20}$  А). При повышении температуры электролита свыше  $40^{\circ}\text{C}$  заряд прекращается. Применять форсированный заряд можно только в исключительных случаях, так как многократное повторение такого способа заряда заметно сокращает срок службы аккумуляторной батареи.

*Уравнительный заряд.* При проведении уравнительного заряда токами меньшими  $0,1C_{20}$  А обеспечивается выравнивание плотности электролита и степени заряженности отдельных аккумуляторов батареи, восстановление активных масс на электродах, нейтрализация действия глубоких разрядов на отрицательный электрод. Уравнительный заряд обычно используется для устранения возможной сульфатации электродов и заканчивается через три часа после установления постоянства плотности электролита.

*Постоянный подзаряд малыми токами.* Ток заряда силой 0,025 – 0,1 А выбирается из условия компенсации теряемой батареей емкости при саморазряде. Подзаряд может осуществляться при постоянной силе тока или при постоянном напряжении как на транспортном средстве, так и в помещениях для хранения батарей. Непрерывный подзаряд позволяет поддерживать батарею в заряженном состоянии, однако одновременно ускоряет процесс коррозии решеток положительных электродов. На подзаряд малыми токами следует устанавливать только исправные и полностью заряженные батареи.

*Контрольно-тренировочный цикл.* Для батарей, залитых электролитом, контрольно-тренировочные циклы проводятся один раз в год и в тех случаях, когда нужно оценить пригодность батареи для дальнейшей эксплуатации. По результатам контрольно-тренировочного цикла судят о техническом состоянии батареи, выявляют неисправные аккумуляторы в батарее, оценивают её возможности по отдаче емкости.

Контрольно-тренировочный цикл включает в себя заряд батареи током силой  $0,1C_{20}$  А до напряжения 2,4 В на каждом аккумуляторе, дальнейший полный заряд батареи током  $0,05C_{20}$  А, затем разряд постоянным током силой  $0,05C_{20}$  А до конечного разрядного напряжения на аккумуляторе 1,75 В.

Емкость, отданная при разряде батареи в контрольно-тренировочном цикле, приводится к температуре  $25^{\circ}\text{C}$  и сравнивается с номинальной. В период гарантированного срока службы она не должна быть меньше  $0,9C_{20}$ . Если ем-

кость ниже 40% от номинальной, то батарея считается непригодной к эксплуатации.

### Сроки службы батарей

В начальный период эксплуатации емкость батареи несколько повышается вследствие увеличения пористости электродов и количества активных материалов, участвующих в токообразующих реакциях. Емкость батарей, определяемая при 20-часовом режиме разряда не позже четвертого цикла, должна быть не менее 95%, а необслуживаемых – 100% от номинального значения, при этом определение сухозарядности считают первым циклом.

По мере естественного изнашивания электродов, коррозии решеток и оплывания активной массы положительных электродов, уплотнения активной массы отрицательных электродов, деформации электродов, «прорастания» сепараторов и короткого замыкания между электродами различной полярности, необратимой сульфатации электродов и саморазряда аккумуляторов емкость стартерных аккумуляторных батарей постепенно уменьшается.

Срок службы батарей зависит от интенсивности эксплуатации автомобиля, уровня регулируемого напряжения генераторной установки, силы разрядного тока и относительной продолжительности разряда, температуры окружающей среды и электролита, уровней вибрации и тряски.

Влияние интенсивности эксплуатации автомобилей (среднемесячного пробега автомобилей в тыс. км) на срок службы батарей (мес.) показано на рис. 2.54. Как правило, срок службы ограничивается коррозией решеток положительных электродов при малой интенсивности эксплуатации (до 5–6 тыс. км пробега в месяц). При более интенсивной эксплуатации на срок службы в большей степени влияют оплывание активной массы положительных электродов и короткое замыкание электродов по кромкам вследствие «прорастания» сепараторов из мипора. Влияние интенсивности эксплуатации транспортного средства на работоспособность батарей существенно и учтено при нормировании минимальных и гарантийных сроков службы.

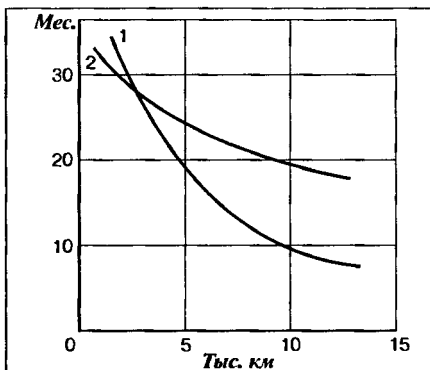


Рис. 2.54. Изменение срока службы аккумуляторных батарей в зависимости от интенсивности эксплуатации

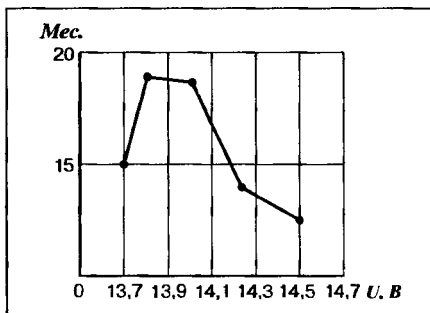


Рис. 2.55. Зависимость срока службы батарей 6СТ-60 от уровня регулируемого напряжения генераторной установки на автомобиле ГАЗ-31029



Срок службы батареи будет максимален при поддержании в определенных пределах величины зарядного напряжения генераторной установки (рис. 2.55).

Чем больше сила тока и относительная продолжительность разряда при циклировании, тем больше глубина разряда и труднее восстановить необходимую степень заряженности батареи при последующем цикле подзаряда от генераторной установки. Средний уровень заряженности батарей в процессе эксплуатации будет ниже, что приведет к снижению сроков их службы. Срок службы аккумуляторных батарей уменьшается при увеличении плотности как разрядного, так и зарядного тока.

С другой стороны, при очень малых силах разрядного тока и продолжительности разряда возможен длительный перезаряд батарей, что также ведет к сокращению срока их службы.

Расчетная нагрузка системы электроснабжения зависит от количества и относительного времени включенного состояния потребителей электроэнергии на автомобиле или тракторе. Параметры генераторной установки выбираются из условия обеспечения положительного зарядного баланса аккумуляторной батареи, поэтому не допускается включение в систему электрооборудования дополнительных потребителей, которые могут нарушить баланс электроэнергии и привести к уменьшению срока службы батареи. Чтобы предотвратить увеличение относительного времени разряда аккумуляторной батареи при циклировании, необходимо постоянно контролировать натяжение ремня привода генератора, не допуская его проскальзывания и соответствующего снижения частоты вращения ротора.

Срок службы аккумуляторных батарей зависит от климатической зоны эксплуатации, что связано с влиянием на их работоспособность высоких и низких температур. При эксплуатации батарей в холодных климатических районах чаще и на большее время включаются такие потребители большой мощности, как фары головного освещения, различные подогреватели, обогреватели стекол, отопители и т.п. Кроме того, резко возрастают сила тока и продолжительность разряда батареи при ее работе в стартерном режиме. Батареи хуже воспринимают заряд. Средняя степень заряженности батарей меньше, и основной причиной выхода их из строя будет оплывание активной массы электродов.

В районах с жарким климатом снижение срока службы связано с перезарядом батарей и коррозией решеток положительных электродов.

В течение значительной части срока службы стартерные свинцовые батареи отдают емкость большую, чем гарантирует завод-изготовитель.

Минимальный срок службы или наработка батареи в эксплуатации считается до момента снижения емкости ниже 40% от номинальной или уменьшения продолжительности стартерного разряда до 1,5 мин при температуре электролита  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$  до конечного разрядного напряжения 4,5 В для 6-вольтовых и 9,0 В для 12-вольтовых батарей.

Минимальный срок службы батарей обычной старой конструкции и с общей крышкой в эксплуатации должен составлять 1 год при наработке транспортного средства в пределах этого срока не более 150 тыс. км пробега или 2 года при наработке транспортного средства в пределах этого срока не более 90 тыс. км пробега.

Минимальный срок службы необслуживаемых батарей в эксплуатации должен

составлять 3 года при наработке транспортного средства в пределах этого срока службы не более 100 тыс. км пробега.

Минимальный срок сохраняемости не залитой электролитом батареи должен составлять 3 года. При этом минимальный срок сохраняемости сухозаряженности должен составлять 1 год.

Минимальный срок сохраняемости необслуживаемых батарей, залитых электролитом с промежуточным зарядом в пределах минимального срока службы, устанавливается равным 2 годам.

Гарантийный срок сохраняемости батарей, не залитых электролитом – 3 года с момента изготовления.

Гарантийный срок сохраняемости сухозаряженности батарей – 1 год с момента изготовления.

Гарантийный срок эксплуатации – 18 месяцев со дня ввода батарей в эксплуатацию.

Гарантийная наработка – 60 тыс. км пробега или 2500 моточасов в пределах гарантийного срока эксплуатации.

Гарантийный срок эксплуатации необслуживаемых батарей – 24 месяца при гарантийной наработке транспортного средства не более 75 тыс. км пробега в пределах гарантийного срока.

Гарантийный срок хранения в пределах гарантийного срока эксплуатации – 3 месяца с момента изготовления.

## **2.7. Неисправности аккумуляторных батарей**

Стартерные свинцовые аккумуляторные батареи в процессе эксплуатации на автомобиле подвергаются воздействию низких и высоких температур, механических и электрических нагрузок, а также других факторов, которые могут отразиться на их работоспособности. Под воздействием тех же факторов, особенно в тех случаях, когда они выходят за пределы установленных норм, в аккумуляторных батареях возникают различные неисправности, которые ухудшают электрические характеристики и эксплуатационные качества батарей или полностью выводят их из строя.

В большинстве случаев появление неисправностей связано с неправильной организацией технического обслуживания аккумуляторных батарей в эксплуатации. Для предупреждения и своевременного устранения неисправностей необходимо знать их характерные признаки и причины появления, что позволит существенно повысить срок службы батарей.

К неисправностям, которые могут быть обнаружены при внешнем осмотре батареи, относятся трещины и сколы в моноблоках и крышках, трещины и отслоение от стенок моноблока и крышек герметизирующей заливочной мастики, повреждение пробок, окисление, механический износ или излом полюсных выводов.

Коррозия решеток положительных электродов, оплывание и выпадение активных веществ, деформация (коробление), короткое замыкание, переполносовка электродов, отрыв электродов от мостиков, сульфатация электродов, повышенный саморазряд – неисправности, которые не могут быть выявлены при

внешнем осмотре, поэтому их относят к внутренним неисправностям. Для обнаружения внутренних неисправностей разработаны и используются на практике различные методы и средства диагностики батарей.

В процентном отношении в среднем на долю неисправностей, связанных с коррозией решеток положительных электродов, приходится около 42% общего числа неисправностей. С оплыванием диоксида свинца и коротким замыканием нижних кромок электродов связано 95% неисправностей, с прорастанием сепараторов из мипласта и разрушением сепараторов из мипора – 16%. На остальные виды неисправностей приходится около 6,5%. Преобладание тех или иных видов отказа связано с влиянием режимов и условий эксплуатации на характер электрохимических процессов в аккумуляторах.

**Таблица 2.7. Неисправности аккумуляторных батарей, причины их возникновения и способы устранения**

| Причины неисправности                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Признаки неисправности. Способ устранения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>1. Аккумуляторная батарея быстро разряжается и не обеспечивает достаточной частоты вращения коленчатого вала двигателя стартером при пуске</b></p> <p>1.1. Длительное включение питания на стоянках при неработающем двигателе или малой частоте вращения коленчатого вала. Продолжительное включение фар головного освещения, отопителя, обогревателей и других потребителей большой мощности</p> <p>1.2. Ускоренный саморазряд вследствие утечки тока при замыкании выводов батареи грязью или электролитом по поверхности крышек</p> <p>1.3. Ускоренный саморазряд вследствие утечки тока при коротком замыкании между разнополярными электродами (разрушение или «прорастание» сепараторов, образование токоведущих мостиков по кромкам электродов и сепараторов, замыкание электродов шламом, образующимся между опорными призмами моноблоков при выпадении активной массы)</p> <p>1.4. Ускоренный саморазряд батареи вследствие заполнения аккумуляторов недистиллированной водой или электролитом разной плотности, а также попадания в электролит посторонних примесей</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>По возможности ограничить количество включенных потребителей, время включения потребителей электроэнергии, если их суммарная мощность превышает мощность генераторной установки на данном режиме работы двигателя</p> <p>Очистить поверхность батареи 10%-ным раствором нашатырного спирта или кальцинированной соды</p> <p><i>Признаки короткого замыкания:</i> малая ЭДС аккумуляторов при нормальной плотности электролита; незначительное повышение плотности электролита и напряжения на выводах батареи в процессе заряда; отсутствие или слабое газовыделение («кипение» электролита) в конце заряда. <i>Способы устранения:</i> заменить разрушенные сепараторы, удалить шлам со дна бака</p> <p>Разрядить батарею током десятичасового режима до напряжения 1,1–1,2 В на аккумулятор. Электролит вылить, батарею промыть, залить в нее свежий электролит и зарядить</p> |

| Причины неисправности                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Признаки неисправности. Способ устранения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1.5. Короткие замыкания в цепях первичной обмотки катушки зажигания. стартера, приборов освещения сигнализации, контроля и т.д.</p> <p>1.6. Сульфатация электродов вследствие длительного хранения батареи, эксплуатация батареи при низкой степени заряженности и с пониженным уровнем электролита</p> <p>1.7. Окисление выводов батареи и наконечников проводов вследствие неплотного крепления в местах соединения</p> <p>1.8. Неисправность одного или нескольких аккумуляторов</p> <p>1.9. Неисправность генераторной установки</p> | <p>Выключить все потребители и проводом от "массы" коснуться отрицательного вывода батареи. Наличие искры свидетельствует о коротком замыкании в одной из цепей</p> <p><i>Признаки сульфатации:</i> высокое напряжение в начале заряда; преждевременное обильное газовыделение при незначительном увеличении плотности электролита в процессе заряда; повышенная температура и пониженное напряжение в конце заряда; пониженные емкость и напряжение в процессе разряда, быстрое снижение напряжения при его измерении нагрузочной вилкой; белый налет на поверхностях электродов.</p> <p><i>Способ устранения:</i> удалить электролит, залить новый электролит плотностью 1,145 г/см<sup>3</sup>, зарядить батарею током небольшой силы (до 0,05C<sub>20</sub> А), к концу заряда довести плотность электролита до нормы. При значительной сульфатации сдать батарею в ремонт</p> <p>Зачистить, закрепить и смазать выводы и наконечники проводов техническим вазелином</p> <p><i>Признаки неисправности:</i> емкость неисправного аккумулятора значительно меньше, чем у исправных; быстро снижается напряжение; ниже плотность электролита.</p> <p><i>Способ устранения:</i> заменить батарею</p> <p>Проверить наличие зарядного тока; при необходимости проверить исправность генератора и регулятора напряжения</p> |
| <b>2. Быстрое снижение уровня электролита</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p>2.1. Повреждение моноблока батареи</p> <p>2.2. Перезаряд батареи из-за повышенного зарядного напряжения</p> <p>2.3. Неплотно завернуты пробки</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <p>Выявить трещины, по возможности устранить с помощью специального клея; при невозможности восстановления заменить моноблок</p> <p>Проверить исправность генераторной установки; при необходимости отрегулировать уровень напряжения</p> <p>Проверить затяжку пробок, при необходимости плотнее завернуть пробки</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

| Причины неисправности                                                                              | Признаки неисправности. Способ устранения                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>3. Выплескивание электролита через вентиляционные отверстия в пробках</b>                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 3.1. Повышенный уровень электролита в аккумуляторах                                                | Проверить уровень электролита; излишки электролита отобрать резиновой грушей                                                                                                                                                                                                          |
| 3.2. Повышенный зарядный ток                                                                       | Проверить исправность генераторной установки и отрегулировать уровень напряжения                                                                                                                                                                                                      |
| 3.3. Отсутствие отражательной пластины в пробке                                                    | Отремонтировать или заменить пробку                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 3.4. Короткое замыкание разноименных электродов в аккумуляторе                                     | Сдать батарею в ремонт                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>4. Аккумуляторная батарея не заряжается</b>                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 4.1. Обрыв в цепи генераторная установка – аккумуляторная батарея                                  | Выявить и устранить неисправность                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 4.2. Разрушение активной массы электродов                                                          | <i>Признаки неисправности:</i> малая ЭДС аккумуляторов при нормальной плотности электролита; незначительное увеличение плотности электролита и напряжения на выводах батареи, отсутствие или слабое газовыделение в процессе заряда. <i>Способ устранения:</i> батарею сдать в ремонт |
| 4.3. Сульфатация электродов                                                                        | См. п. 1.6                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>5. Амперметр показывает большой зарядный ток при нормальном уровне регулируемого напряжения</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 5.1. Короткое замыкание разнополярных электродов в аккумуляторе                                    | См. п. 3.4                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>6. Понижена емкость батареи</b>                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 6.1. Сульфатация электродов                                                                        | См. п. 1.6                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 6.2. Ускоренный саморазряд                                                                         | См. пп. 1.2, 1.3, 1.4                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 6.3. Малая плотность электролита                                                                   | Проверить плотность и довести до нормы                                                                                                                                                                                                                                                |
| 6.4. Разрушены электроды вследствие короткого замыкания или длительного перезаряда                 | См. п. 4.2                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 6.5. Пониженный уровень электролита                                                                | Проверить уровень электролита, при необходимости довести его до нормы                                                                                                                                                                                                                 |

## Генераторные установки

Генераторная установка состоит из электрогенератора и регулятора напряжения. Они, вместе с элементами контроля работоспособности и защиты от возможных аварийных режимов, образуют систему электроснабжения автомобиля.

Генераторная установка обеспечивает питанием электропотребители, включенные в бортовую сеть автомобиля, и заряжает его аккумуляторную батарею при работающем двигателе.

Даже на холостом ходу двигателя генератор должен развивать мощность, достаточную для электропитания наиболее важных потребителей. В мировой практике генераторные установки на холостом ходу двигателя развивают 40–50% от номинальной мощности.

Напряжение в бортовой сети автомобиля должно быть стабильно в широком диапазоне изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя и нагрузок.

Стабильность напряжения, обеспечиваемая работой регулятора, является непременным условием надежной работы аккумуляторной батареи и других электропотребителей.

Превышение напряжения сверх допустимых пределов служит причиной перезаряда аккумуляторной батареи с последующим выходом ее из строя, пониженное напряжение вызывает недозаряд батареи. Увеличение напряжения на 10% сверх номинального снижает срок службы ламп примерно на 50%.

Генераторные установки рассчитаны на номинальное напряжение 14 и 28 В. Напряжение 28 В характерно для автомобилей с дизелем. Однако на дизельных автомобилях, например, на автомобилях ЗИЛ 5301 («Бычок»), ЗИЛ 4331, ЗИЛ 133ГЯ возможна и двухуровневая система: 14 В непосредственно на генераторе для электроснабжения основных потребителей, 28 В – на выходе трансформаторно-выпрямительного блока для подзарядки аккумуляторной батареи.

Генераторные установки выполняются по однопроводной схеме, в которой с корпусом соединен отрицательный полюс системы. Отечественной нормативной документацией предусматривается изготовление установок и по двухпроводной схеме, но практически такое исполнение не реализуется.

Генераторная установка питает бортовую сеть автомобиля постоянным током. Однако известно, что механическую энергию можно преобразовать в электрическую только посредством переменного тока. Поэтому ранее автомобили снабжались выпрямителем-коллектором со щетками в генераторах постоянного тока, а теперь – полупроводниковым выпрямителем в повсеместно применяющихся автомобильных вентильных генераторах.

Для питания вспомогательных устройств, например, реле блокировки стартера, трансформаторно-выпрямительного блока систем на два уровня напряжения, тахометра и т.п., используется переменный ток, вырабатываемый генератором. В последнее время наблюдается тенденция использовать переменный

ток и для управления работой регулятора напряжения самой генераторной установки.

Генераторная установка – достаточно надежное устройство, способное выдержать повышенные вибрации двигателя, высокую подкапотную температуру, воздействие влажной среды, грязи и т.п. Принцип действия вентильного электрогенератора и его принципиальное конструктивное устройство одинаковы как у отечественных, так и у зарубежных образцов.

### 3.1. Принцип действия вентильного генератора

Преобразование механической энергии, которую автомобильный генератор получает от двигателя внутреннего сгорания через ременную передачу, в электрическую происходит, как и в любом генераторе, в соответствии с явлением электромагнитной индукции. Суть явления состоит в том, что, если изменять магнитный поток, пронизывающий катушку, витки которой выполнены из проводящего материала, например, медного провода, то на выводах катушки появляется электрическое напряжение, равное произведению числа ее витков на скорость изменения магнитного потока. Совокупность таких катушек образует в генераторе обмотку статора. Возможны два варианта изменения магнитного потока: по величине и направлению, что обеспечивается в щеточной конструкции вентильного генератора, или только по величине, что характерно для индукторного бесщеточного генератора. Для образования магнитного потока достаточно пропустить через катушку электрический ток. Эта катушка образует обмотку возбуждения. Сталь, в отличие от воздуха, хорошо проводит магнитный поток. Поэтому основные узлы генератора, в которых происходит преобразование механической энергии в электрическую, состоят из стальных участков и обмоток, в которых создается магнитный поток при протекании в них электрического тока (обмотка возбуждения), и возникает электрический ток при изменении этого потока (обмотка статора).

Обмотка статора с его магнитопроводом образует собственно статор, главную неподвижную часть, а обмотка возбуждения с полюсной системой и некоторыми другими деталями (валом, контактными кольцами) – ротор, главную вращающуюся часть.

Питание обмотки возбуждения осуществляется от источника постоянного тока, например, от аккумуляторной батареи или от самого генератора. В последнем случае генератор работает на самовозбуждении, его первоначальное напряжение образуется за счет остаточного магнитного потока, который создается стальными частями ротора даже при отсутствии тока в обмотке возбуждения. Это напряжение вызывает появление электрического тока в обмотке возбуждения, в результате чего магнитный поток усиливается и вызывает лавинный процесс возбуждения генератора. Однако самовозбуждение генератора происходит на слишком высоких частотах вращения ротора. Поэтому в схему генераторной установки, если обмотка возбуждения не соединена с аккумуляторной батареей, вводят такое соединение через контрольную лампу мощностью 2–3 Вт. Неболь-

шой ток, поступающий через эту лампу в обмотку возбуждения, обеспечивает возбуждение генератора при низких частотах вращения ротора. При работе генератора напротив катушек обмотки статора устанавливается то южный, то северный полюс ротора, при этом направление магнитного потока, пронизывающего катушку, изменяется, что и вызывает появление в ней переменного напряжения. Частота этого напряжения  $f$  зависит от частоты вращения ротора  $n$  и числа пар полюсов  $p$  генератора:

$$f = \frac{pn}{60}$$

У всех автомобильных генераторов отечественного производства и, за редким исключением, генераторов зарубежных фирм шесть пар полюсов, при этом частота переменного тока в обмотке статора, выраженная в Гц, меньше частоты вращения ротора генератора, измеряемой в  $\text{мин}^{-1}$ , в 10 раз.

С учетом передаточного числа ременной передачи  $i$  от двигателя к генератору, частота переменного тока, выраженная через частоту вращения коленчатого вала двигателя  $n_{\text{дв}}$  определяется соотношением:

$$f = 0,1 n_{\text{дв}} \cdot i$$

Следовательно, по частоте переменного тока генератора можно измерять частоту вращения коленчатого вала двигателя, что и используется в реальных схемах подключением тахометра или любого другого устройства, реагирующего на частоту вращения коленчатого вала, к выводу обмотки статора.

Обмотка статора как отечественных, так и зарубежных генераторов – трехфазная. Она состоит из трех обмоток фаз, которые иногда называют просто фазами, токи и напряжения в которых смещены на 120 электрических градусов, как показано на рис. 3.1.

Фазы могут соединяться в «звезду» или «треугольник». При этом различают фазные и линейные напряжения и токи. Фазные напряжения действуют между выводами обмоток фаз, а токи протекают в этих обмотках, линейные напряжения действуют между проводами, соединяющими обмотку статора с выпрямителем. В этих проводах протекают линейные токи. Естественно, выпрямитель выпрямляет те величины, которые к нему подводятся, т.е. линейные.

При соединении в «треугольник» фазные токи в  $\sqrt{3}$  раза меньше линейных, в то время как у «звезды» линейные и фазные токи равны. Это значит, что при том же отдаваемом генератором токе, ток в обмотках фаз при соединении в «треугольник» значительно меньше, чем у «звезды».

Поэтому в генераторах большой мощности довольно часто применяют соединение типа «треугольник», т.к. при меньших токах обмотки можно наматывать более тонким проводом, что технологичнее. Однако линейное напряжение у «звезды» в  $\sqrt{3}$  раз больше фазного, в то время как у «треугольника» они равны, и для получения такого же выходного напряжения при тех же частотах вращения ротора «треугольник» требует соответствующего увеличения числа витков его фаз по сравнению со «звездой».

Более тонкий провод можно применять и при соединении типа «звезда». В



этом случае обмотку выполняют из двух параллельно соединенных обмоток, каждая из которых соединена в «звезду», т.е. соединением «двойная звезда».

Выпрямитель содержит для трехфазной системы шесть силовых полупроводниковых диодов, три из которых VD1, VD3, VD5 соединены с выводом «+» генератора, а три – VD2, VD4, VD6 – с выводом «-» («массой»). Однако стремление повысить мощность генератора привело к увеличению числа диодов выпрямителя до восьми и применению дополнительного плеча выпрямителя на диодах VD7, VD8, показанного на рис. 3.1 пунктиром.

Такая схема выпрямителя может иметь место только при соединении обмоток статора в «звезду», так как дополнительное плечо запитывается от «нулевой» точки «звезды».

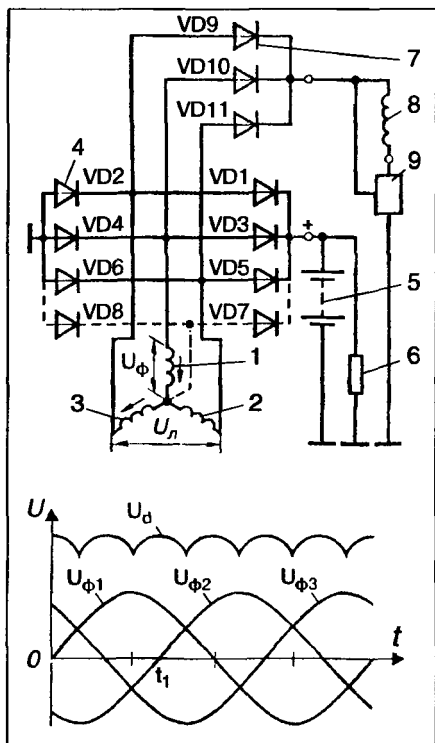


**Рис. 3.1.** Принципиальная схема генераторной установки;

$U_{\phi}$ ,  $U_l$ ,  $U_d$  соответственно фазное, линейное и выпрямительное напряжения;

1, 2, 3 – обмотки трех фаз статора; 4 – диоды силового выпрямителя; 5 – аккумуляторная батарея; 6 – нагрузка; 7 – диоды выпрямителя обмотки возбуждения; 8 – обмотки возбуждения; 9 – регулятор напряжения

Подключение обмотки возбуждения к собственному выпрямителю на диодах VD9 – VD11 препятствует протеканию через нее тока разряда аккумуляторной батареи при неработающем двигателе автомобиля.

Полупроводниковые диоды находятся в открытом состоянии и не оказывают существенного сопротивления прохождению тока при приложении к ним напряжения в прямом направлении и практически не пропускают ток при обратном напряжении.

По графику фазных напряжений (рис. 3.1) можно определить, какие диоды открыты, какие закрыты в данный момент времени. Фазное напряжение  $U_{\phi 1}$  действует в обмотке первой фазы,  $U_{\phi 2}$  – второй,  $U_{\phi 3}$  – третьей. Эти напряжения изменяются по кривым, близким к синусоиде, и в одни моменты времени они положительны, в другие отрицательны.

Если положительное направление напряжения в фазе принять по стрелке, направленной к нулевой точке обмотки статора, а отрицательное от нее, то, например, для момента времени  $t_1$ , когда напряжение второй фазы отсутствует, первой фазы – положительно, а третьей – отрицательно, направление напряжений фаз соответствует стрелкам на рис. 3.1. Ток через обмотки, диоды и нагрузку будет протекать в

направлении этих стрелок. При этом открыты диоды VD1, VD4. Рассмотрев любые другие моменты времени, легко убедиться, что диоды силового выпрямителя переходят из открытого состояния в закрытое и обратно таким образом, что ток в нагрузке имеет только одно направление – от вывода «+» генераторной установки к ее выводу «-», т.е. в нагрузке протекает постоянный (выпрямленный) ток. Диоды выпрямителя обмотки возбуждения работают аналогично, питая выпрямленным током эту обмотку. В выпрямитель обмотки возбуждения входят также 6 диодов, но три из них – VD2, VD4, VD6 – общие с силовым выпрямителем. Ток в обмотке возбуждения значительно меньше, чем ток, отдаваемый генератором в нагрузку. Поэтому в качестве диодов VD9 – VD11 применяются малогабаритные слаботочные диоды, рассчитанные на ток не более 2 А.

Плечо выпрямителя, содержащее диоды VD7, VD8, вступает в работу только в том случае, если фазные напряжения генератора отличаются от синусоиды, что и имеет место в реальных генераторах. Напряжение любой формы можно представить в виде суммы синусоид, которые называются гармоническими составляющими или гармониками – первой, частота которой совпадает с частотой фазного напряжения, и высших, главным образом третьей, частота которой в три раза выше, чем первой. Представление реальной формы фазного напряжения в виде суммы двух гармоник, первой и третьей, показано на рис. 3.2.

Из электротехники известно, что в линейном напряжении, т.е. в том напряжении, которое проводами подводится к выпрямителю и выпрямляется, третья гармоника отсутствует. Это объясняется тем, что третьи гармоники всех фазных напряжений совпадают по фазе, т.е. одновременно достигают одинаковых значений и при этом взаимно уравнивают и взаимно уничтожают друг друга в линейном напряжении.

Таким образом, третья гармоника напряжения в фазном напряжении присутствует, а в линейном – нет. Следовательно, мощность, развиваемая третьей гармоникой фазного напряжения, не может быть использована потребителем. Чтобы потребители могли использовать эту мощность, добавлены диоды VD7 и VD8, подсоединенные к нулевой точке обмоток фаз, т.е. к точке, где сказывается действие фазного напряжения. Таким образом, диоды VD7, VD8 выпрямляют только напряжение третьей гармоники фазного напряжения. Применение этих диодов увеличивает номинальную мощность генератора.

Как видно на рис. 3.1, выпрямленное напряжение носит пульсирующий характер. Применение дополнительного плеча на диодах VD7, VD8 углубляет глубину пульсации. Однако наличие аккумуляторной батареи, которая яв-

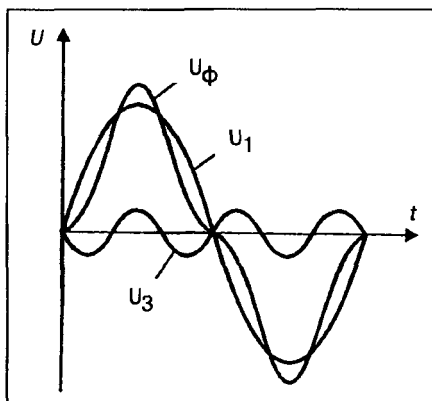


Рис. 3.2. Представление фазного напряжения  $U_\phi$  в виде суммы синусоид первой  $U_1$  и третьей  $U_3$  гармоник

ляется своеобразным фильтром, сглаживает напряжение в бортовой сети автомобиля. При этом ток в самой батарее пульсирует.

## 3.2. Принцип действия регулятора напряжения

Регулятор напряжения поддерживает напряжение бортовой сети в заданных пределах во всех режимах работы при изменении частоты вращения ротора генератора, электрической нагрузки, температуры окружающей среды.

Кроме того, он может выполнять дополнительные функции – защищать элементы генераторной установки от аварийных режимов и перегрузки, автоматически включать в бортовую сеть цепь обмотки возбуждения или систему сигнализации аварийной работы генераторной установки.

Все регуляторы напряжения работают по единому принципу. Напряжение генератора определяется тремя факторами – частотой вращения ротора, силой тока, отдаваемой генератором в нагрузку, и величиной магнитного потока, создаваемой током обмотки возбуждения. Чем выше частота вращения ротора и меньше нагрузка на генератор, тем выше напряжение генератора. Увеличение силы тока в обмотке возбуждения увеличивает магнитный поток и с ним напряжение генератора, снижение тока возбуждения уменьшает напряжение. Все регуляторы напряжения, отечественные и зарубежные, стабилизируют напряжение изменением тока возбуждения. Если напряжение возрастает или уменьшается, регулятор соответственно уменьшает или увеличивает ток возбуждения и вводит напряжение в нужные пределы.

Блок-схема регулятора напряжения представлена на рис. 3.3.

Регулятор 1 содержит измерительный элемент 5, элемент сравнения 3 и регулирующий элемент 4. Измерительный элемент воспринимает напряжение генератора 2  $U_d$  и преобразует его в сигнал  $U_{изм.}$ , который в элементе сравнения сравнивается с эталонным значением  $U_{эт.}$ .

Если величина  $U_{изм.}$  отличается от эталонной величины  $U_{эт.}$ , на выходе изме-

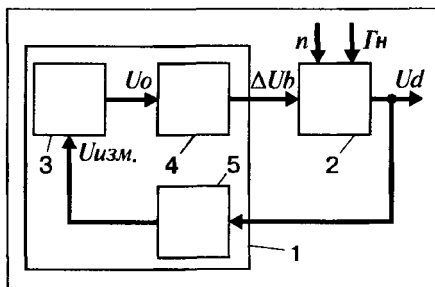


Рис. 3.3. Блок-схема регулятора напряжения:  
1 – регулятор; 2 – генератор; 3 – элемент сравнения; 4 – регулирующий элемент; 5 – измерительный элемент

рительного элемента появляется сигнал  $U_o$ , который активизирует регулирующий элемент, изменяющий ток в обмотке возбуждения так, чтобы напряжение генератора вернулось в заданные пределы.

Таким образом, к регулятору напряжения обязательно должно быть подведено напряжение генератора или напряжение из другого места бортовой сети, где необходима его стабилизация, например, от аккумуляторной батареи, а также подсоединена обмотка возбуждения генератора. Если функции регулятора расширены, то и число подсоединений его в схему растёт.

Чувствительным элементом электронных регуляторов напряжения является входной делитель напряжения. С входного делителя напряжение поступает на элемент сравнения, где роль эталонной величины играет обычно напряжение стабилизации стабилитрона. Стабилитрон не пропускает через себя ток при напряжении ниже напряжения стабилизации и пробивается, т.е. начинает пропускать через себя ток, если напряжение на нем превысит напряжение стабилизации. Напряжение же на стабилитроне остается при этом практически неизменным. Ток через стабилитрон включает электронное реле, которое коммутирует цепь возбуждения таким образом, что ток в обмотке возбуждения изменяется в нужную сторону. В вибрационных и контактно-транзисторных регуляторах чувствительный элемент представлен в виде обмотки электромагнитного реле, напряжение к которой, впрочем, тоже может подводиться через входной делитель, а эталонная величина – это сила натяжения пружины, противодействующей силе притяжения электромагнита. Коммутацию в цепи обмотки возбуждения осуществляют контакты реле или, в контактно-транзисторном регуляторе, полупроводниковая схема, управляемая этими контактами. Особенностью автомобильных регуляторов напряжения является то, что они осуществляют дискретное регулирование напряжения путем включения и выключения в цепь питания обмотки возбуждения (в транзисторных регуляторах) или последовательно с обмоткой дополнительного резистора (в вибрационных и контактно-транзисторных регуляторах). При этом меняется относительная продолжительность включения обмотки или дополнительного резистора.

Поскольку вибрационные и контактно-транзисторные регуляторы представляют лишь исторический интерес, а в отечественных и зарубежных генераторных установках в настоящее время применяются электронные транзисторные регуляторы, удобно рассмотреть принцип работы регулятора напряжения на примере простейшей схемы, близкой к отечественному регулятору напряжения Я112А1 и регулятору ЕЕ14V3 фирмы BOSCH (рис. 3.4).

Регулятор 2 на схеме работает в комплекте с генератором 1, имеющим дополнительный выпрямитель обмотки возбуждения. Чтобы понять работу схемы, следует вспомнить, что, как было показано выше, стабилитрон не пропускает через себя ток при напряжениях ниже величины напряжения стабилизации. При достижении напряжением этой величины стабилитрон пробивается, и по нему начинает протекать ток.

Транзисторы же пропускают ток между коллектором и эмиттером, т.е. открыты, если в цепи база-эмиттер ток протекает, и не пропускают этого тока, т.е. закрыты, если базовый ток прерывается.

Напряжение к стабилитрону VD1 подводится от выхода генератора Д через делитель напряжения на резисторах R1, R2. Пока напряжение генератора невелико, и на стабилитроне оно ниже напряжения стабилизации, стабилитрон закрыт, ток через него, а, следовательно, и в базовой цепи транзистора VT1 не протекает, транзистор VT1 закрыт. В этом случае ток через резистор R6 от выхода Д поступает в базовую цепь транзистора VT2, он открывается, через его переход эмиттер-коллектор начинает протекать ток в базе транзистора VT3, который открывается тоже. При этом обмотка возбуждения генератора оказывается через переход эмиттер-коллектор VT3 подключена к цепи питания. Соединение транзисторов VT2, VT3, при котором их коллекторные выводы объединены, а пи-

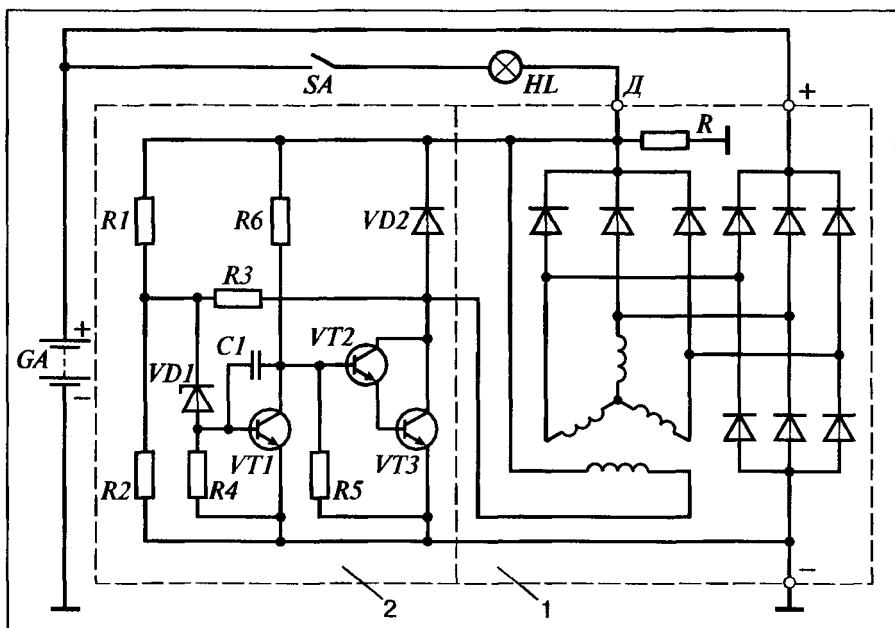


Рис. 3.4. Схема электронного транзисторного регулятора напряжения:

1 – генератор; 2 – регулятор

тание базовой цепи одного транзистора производится от эмиттера другого, называется схемой Дарлингтона. При таком соединении оба транзистора могут рассматриваться как один составной транзистор с большим коэффициентом усиления. Обычно такой транзистор и выполняется на одном кристалле кремния. Если напряжение генератора возросло, например, из-за увеличения частоты вращения его ротора, то возрастает и напряжение на стабилитроне VD1.

При достижении этим напряжением величины напряжения стабилизации стабилитрон VD1 пробивается, ток через него начинает поступать в базовую цепь транзистора VT1, который открывается и своим переходом эмиттер-коллектор закорачивает вывод базы составного транзистора VT2, VT3 на «массу». Составной транзистор закрывается, разрывая цепь питания обмотки возбуждения. Ток возбуждения спадает, уменьшается напряжение генератора, закрываются стабилитрон VD2, транзистор VT1, открывается составной транзистор VT2, VT3, обмотка возбуждения вновь включается в цепь питания, напряжение генератора возрастает и т.д., процесс повторяется.

Таким образом регулировка напряжения генератора регулятором осуществляется дискретно через изменение относительного времени включения обмотки возбуждения цепи питания. При этом ток в обмотке возбуждения изменяется так, как показано на рис. 3.5. Если частота вращения генератора возросла или нагрузка его уменьшилась, время включения обмотки уменьшается, если

частота вращения уменьшилась или нагрузка возросла – увеличивается.

В схеме регулятора по рис. 3.4 имеются элементы, характерные для схем всех применяющихся на автомобилях регуляторов напряжения. Диод VD2 при закрытии составного транзистора VT2, VT3 предотвращает опасные всплески напряжения, возникающие из-за обрыва цепи обмотки возбуждения со значительной индуктивностью.

В этом случае ток обмотки возбуждения может замыкаться через этот диод, и опасных всплесков напряжения не происходит. Поэтому диод VD2 называется гасящим. Сопротивление R3 является сопротивлением жесткой обратной связи. При открытии составного транзистора VT2, VT3 оно оказывается подключенным параллельно сопротивлению R2 делителя напряжения. При этом напряжение на стабилизаторе VD2 резко уменьшается, что ускоряет переключение схемы регулятора и повышает частоту этого переключения. Это благотворно сказывается на качестве напряжения генераторной установки. Конденсатор C1 является своеобразным фильтром, защищающим регулятор от влияния импульсов напряжения на его входе.

Вообще конденсаторы в схеме регулятора либо предотвращают переход этой схемы в колебательный режим и возможность влияния посторонних высокочастотных помех на работу регулятора, либо ускоряют переключение транзисторов.

В последнем случае конденсатор, заряжаясь в один момент времени, разряжается на базовую цепь транзистора в другой момент, ускоряя броском разрядного тока переключение транзистора и, следовательно, снижая потери мощности в нем и его нагрев.

Из рис. 3.4 хорошо видна роль лампы контроля работоспособного состояния генераторной установки HL.

При неработающем двигателе внутреннего сгорания замыкание контактов выключателя зажигания SA позволяет току от аккумуляторной батареи GA через эту лампу поступать в обмотку возбуждения генератора. Этим обеспечивается первоначальное возбуждение генератора. Лампа при этом горит, сигнализируя, что в цепи обмотки возбуждения нет обрыва.

После запуска двигателя, на выводах генератора Д и «+» появляется практически одинаковое напряжение и лампа гаснет. Если генераторная установка при работающем двигателе автомобиля не развивает напряжения, то лампа HL продолжает гореть и в этом режиме, что является сигналом об отказе генераторной установки или обрыве приводного ремня.

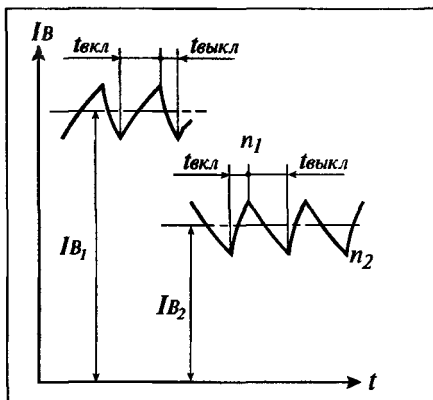


**Рис. 3.5. Изменение силы тока в обмотке возбуждения  $I_B$  по времени  $t$ :**

$t_{вкл}$  и  $t_{выкл}$  — соответственно время включения и выключения обмотки возбуждения генератора;  $n_1$  и  $n_2$  — частоты вращения ротора генератора, причем  $n_2$  больше  $n_1$ ;  $I_{B1}$  и  $I_{B2}$  — среднее значение тока в обмотке возбуждения

Введение резистора R в генераторную установку способствует расширению диагностических способностей лампы HL. При наличии этого резистора, если при работающем двигателе автомобиля произойдет обрыв цепи обмотки возбуждения, то лампа HL загорится.

Аккумуляторная батарея для своей надежной работы требует, чтобы с понижением температуры электролита напряжение, подводимое к батарее от генераторной установки, несколько повышалось, а с повышением температуры – понижалось.

Для автоматизации процессов изменения уровня поддерживаемого напряжения применяется датчик, помещенный в электролит аккумуляторной батареи и включаемый в схему регулятора напряжения. В простейшем случае термокомпенсация в регуляторе подобрана таким образом, что в зависимости от температуры поступающего в генератор охлаждающего воздуха напряжение генераторной установки изменяется в заданных пределах.

В рассмотренной схеме регулятора напряжения, как и во всех регуляторах аналогичного типа, частота переключений в цепи обмотки возбуждения изменяется по мере изменения режима работы генератора. Нижний предел этой частоты составляет 25–50 Гц.

Однако имеется и другая разновидность схем электронных регуляторов, в которых частота переключения строго задана. Регуляторы такого типа оборудованы широтно-импульсным модулятором (ШИМ), который и обеспечивает заданную частоту переключения. Применение ШИМ снижает влияние на работу регулятора внешних воздействий, например, уровня пульсаций выпрямленного напряжения и т.п.

В настоящее время все больше зарубежных фирм переходит на выпуск генераторных установок без дополнительного выпрямителя. Для автоматического предотвращения разряда аккумуляторной батареи при неработающем двигателе автомобиля в регулятор такого типа заводится фаза генератора. Регуляторы, как правило, оборудованы ШИМ, который, например, при неработающем двигателе переводит выходной транзистор в колебательный режим, при котором ток в обмотке возбуждения невелик и составляет доли ампера.

После запуска двигателя сигнал с вывода фазы генератора переводит схему регулятора в нормальный режим работы.

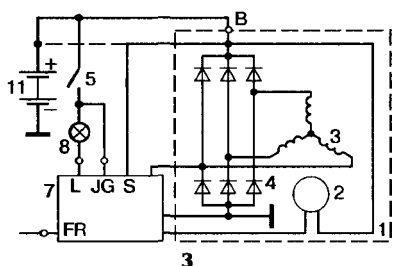
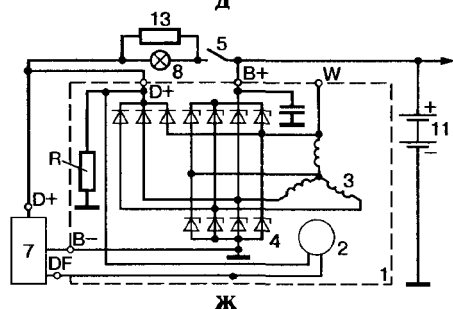
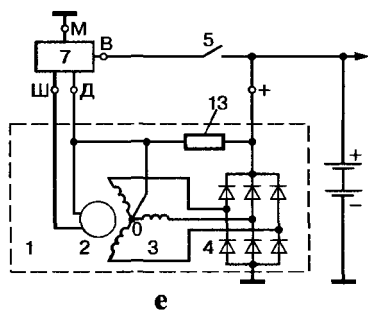
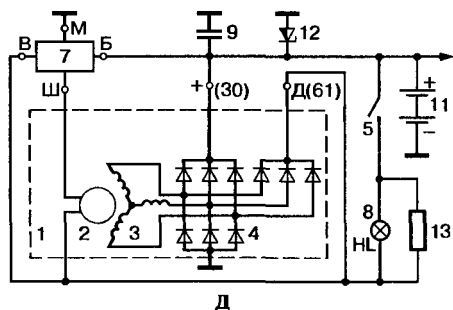
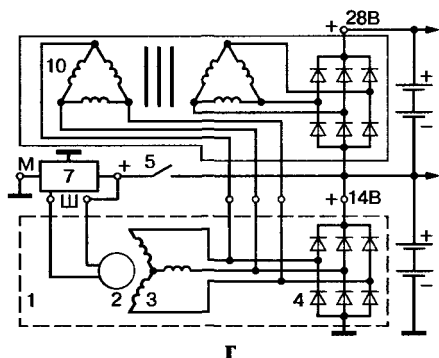
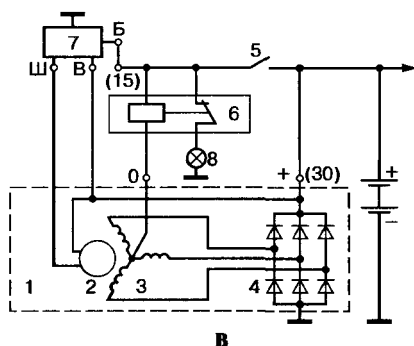
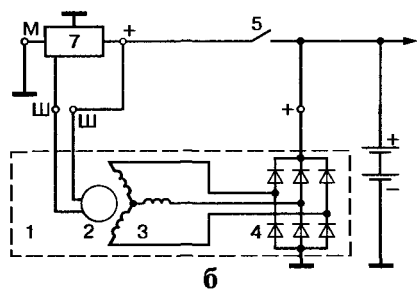
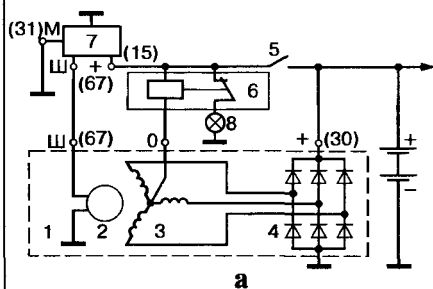
Схема регулятора осуществляет в этом случае и управление лампой контроля работоспособного состояния генераторной установки.

### 3.3. Электрические схемы генераторных установок

Принципиальные электрические схемы генераторных установок приведены на рис. 3.6.

**Рис. 3.6. Схемы генераторных установок:**

1 – генератор; 2 – обмотка возбуждения; 3 – обмотка статора; 4 – выпрямитель; 5 – выключатель; 6 – реле контрольной лампы; 7 – регулятор напряжения; 8 – контрольная лампа; 9 – помехоподавительный конденсатор; 10 – трансформаторно-выпрямительный блок; 11 – аккумуляторная батарея; 12 – стабилитрон защиты от всплесков напряжения; 13 – резистор





Генераторные установки могут иметь следующие обозначения выводов: «плюс» силового выпрямителя: «+», В, 30, В+, ВАТ; «масса»: «—», D—, 31, В—, М, Е, GRD; вывод обмотки возбуждения: Ш, 67, DF, F, EXC, Е, FLD; вывод для соединения с лампой контроля исправности (обычно «плюс» дополнительного выпрямителя, там, где он есть): D, D+, 61, L, WL, IND; вывод фазы: ~, W, R, STA, вывод нулевой точки обмотки статора: 0, M<sub>p</sub>; вывод регулятора напряжения для подсоединения его в бортовую сеть, обычно к «+» аккумуляторной батареи: Б, 15, S; вывод регулятора напряжения для питания его от выключателя зажигания: IG; вывод регулятора напряжения для соединения его с бортовым компьютером: FR, F.

Различают два типа невзаимозаменяемых регуляторов напряжения – в одном типе (рис. 3.6, а) выходной коммутирующий элемент регулятора напряжения соединяет вывод обмотки возбуждения генератора с «+» бортовой сети, в другом типе (рис. 3.6, б, в) – с «—» бортсети. Транзисторные регуляторы напряжения второго типа являются более распространенными.

Чтобы на стоянке аккумуляторная батарея не разряжалась, цепь обмотки возбуждения генератора (в схемах 3.6, а, б) запитывается через выключатель зажигания. Однако при этом контакты выключателя коммутируют ток до 5А, что неблагоприятно сказывается на их сроке службы. Разгрузить контакты выключателя можно, используя промежуточное реле, но более прогрессивно, если через выключатель зажигания запитывается лишь цепь управления регулятора напряжения (рис. 3.6, в), потребляющая ток силой в доли ампера. Прерывание тока в цепи управления переводит электронное реле регулятора в выключенное состояние, что не позволяет току протекать через обмотку возбуждения. Однако применение выключателя зажигания в цепи генераторной установки снижает ее надежность и усложняет монтаж на автомобиле. Кроме того, в схемах на рис. 3.6, а, б, в падение напряжения в выключателе зажигания и других коммутирующих или защитных элементах, включенных в цепь регулятора (штекерные соединения, предохранители), влияет на уровень поддерживаемого регулятором напряжения и частоту переключения его выходного транзистора, что может сопровождаться миганием ламп осветительной и светосигнальной аппаратуры, колебанием стрелок вольтметра и амперметра.

Поэтому более перспективной является схема на рис. 3.6, д. В этой схеме обмотка возбуждения имеет свой дополнительный выпрямитель, состоящий из трех диодов. К выводу «Д» этого выпрямителя и подсоединяется обмотка возбуждения генератора. Схема допускает некоторый разряд аккумуляторной батареи малыми токами по цепи регулятора напряжения, и при длительной стоянке рекомендуется снимать наконечник провода с клеммы «+» аккумуляторной батареи.

В схему на рис. 3.6, д введено подвозбуждение генератора от аккумуляторной батареи через контрольную лампу 8. Небольшой ток, поступающий в обмотку возбуждения через эту лампу от аккумуляторной батареи, достаточен для возбуждения генератора и в то же время не может существенно влиять на разряд аккумуляторной батареи. Обычно параллельно контрольной лампе включают резистор 13, чтобы даже в случае перегорания контрольной лам-

пы генератор мог возбудиться. Контрольная лампа в схеме на рис. 3.6, д является одновременно и элементом контроля работоспособности генераторной установки.

В схеме применен стабилитрон 12, гасящий всплески напряжения, опасные для электронной аппаратуры.

С целью контроля работоспособности в схеме рис. 3.6, а введены реле с нормально замкнутыми контактами, через которые получает питание контрольная лампа 8.

Эта лампа загорается после включения замка зажигания и гаснет после пуска двигателя, т.к. под действием напряжения от генератора реле, обмотка которого подключена к нулевой точке обмотки статора, разрывает свои нормально замкнутые контакты и отключает контрольную лампу 8 от цепи питания.

Если лампа 8 при работающем двигателе горит, значит генераторная установка неисправна. В некоторых случаях обмотка реле контрольной лампы 6 подключается на вывод фазы генератора.

Схема рис. 3.7, е характерна для генераторных установок с номинальным напряжением 28 В.

В этой схеме обмотка возбуждения включена на нулевую точку обмотки статора генератора, т.е. питается напряжением, вдвое меньшим, чем напряжение генератора.

При этом приблизительно вдвое снижаются и величины импульсов напряжения, возникающих при работе генераторной установки, что благоприятно сказывается на надежности работы полупроводниковых элементов регулятора напряжения. Резистор 13 служит тем же целям, что и контрольная лампа в схеме рис. 3.6, д, т.е. обеспечивает уверенное возбуждение генератора.

На автомобилях с дизельными двигателями может применяться генераторная установка на два уровня напряжения 14/28 В. Второй уровень 28 В используется для зарядки аккумуляторной батареи, работающей при пуске ДВС. Для получения второго уровня используется электронный удвоитель напряжения или трансформаторно-выпрямительный блок (ТВБ), как это показано на рис. 3.6, г. В системе на два уровня напряжения регулятор стабилизирует только первый уровень напряжения 14 В. Второй уровень возникает посредством трансформации и последующего выпрямления ТВБ переменного тока генератора. Коэффициент трансформации трансформатора ТВБ близок к единице.

В некоторых генераторных установках зарубежного и отечественного производства регулятор напряжения поддерживает напряжение не на силовом выводе генератора «+», а на выводе его дополнительного выпрямителя, как показано на схеме рис. 3.6, ж. Схема является модификацией схемы рис. 3.6, д, с устранением ее недостатка – разряда аккумуляторной батареи регулятора напряжения при длительной стоянке. Такое исполнение схемы генераторной установки возможно потому, что разница напряжения на клеммах «+» и Д невелика. На этой же схеме (рис. 3.6, ж) показано дополнительное плечо выпрямителя, выполненное на стабилитронах, которые в нормальном режиме работают, как обычные выпрямительные диоды, а в аварийных предотвращают опасные всплески напряжения. Резистор R, как было показано выше, расширяет

диагностические возможности схемы. Этот резистор вообще характерен для генераторных установок фирмы Bosch.

Генераторные установки без дополнительного выпрямителя, но с подводом к регулятору вывода фаз, применение которых, особенно японскими и американскими фирмами, расширяется, выполняются по схеме рис. 3.6, з. В этом случае схема генераторной установки упрощается, но усложняется схема регулятора напряжения, т.к. на него переносятся функции предотвращения разряда аккумуляторной батареи на цепь возбуждения генератора при неработающем двигателе автомобиля и управления лампой контроля работоспособного состояния генераторной установки. На вход регулятора может подаваться напряжение генератора или аккумуляторной батареи (пунктир на рис. 3.6, з), а иногда и оба эти напряжения сразу.

Конечно, стабилизатор 12, защищающий от всплесков напряжения дополнительное плечо выпрямителя, а также выполнение выпрямителя на стабилитронах может быть использовано в любой из приведенных схем.

Некоторые фирмы применяют включение контрольной лампы через разделительный диод, а в схемах 3.6, д, ж включение ее идет через контактное реле. В этом случае обмотка реле включается на место контрольной лампы. Если генераторная установка работает в комплексе с датчиком температуры электролита, она имеет дополнительные выводы для его подсоединения.

Генераторы на большие выходные токи могут иметь параллельное включение диодов выпрямителя. Для защиты цепей генераторной установки применяют предохранители, обычно в цепях контрольной лампы, соединениях регулятора с аккумуляторной батареей, в цепи питания аккумуляторной батареи.

### 3.4. Характеристики генераторных установок

Способность генераторной установки обеспечивать электропитанием потребителей электроэнергии на автомобиле во всех режимах его работы ха-

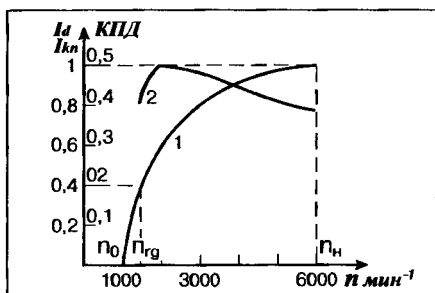


Рис. 3.7. Выходные характеристики генераторной установки:

1 — токоскоростная характеристика; 2 — КПД по точкам токоскоростной характеристики

актеризует токоскоростная характеристика (ТСХ), т.е. зависимость силы тока, отдаваемого генератором в нагрузку, от частоты вращения его ротора при постоянной величине напряжения на силовых выводах генератора. Вид токоскоростной характеристики генераторных установок легковых автомобилей, построенной в относительных единицах по отношению к номинальной величине силы отдаваемого тока, представлен на рис. 3.7. Характеристика демонстрирует существенное достоинство вентильных генераторов — их самозащиту и самоограничение отдаваемого

ими тока. Достигнув определенной величины, ток практически не увеличивается с ростом частоты вращения ротора.

Методика определения ТСХ имеет международный стандарт.

Характеристика эта определяется при работе генераторной установки в комплекте с полностью заряженной аккумуляторной батареей с номинальной емкостью, выраженной в А·ч, составляющей не менее 50% номинальной силы тока генератора. Характеристика может определяться в холодном и нагретом состоянии генератора. При этом под холодным состоянием понимается такое, при котором температура всех частей и узлов генератора равна температуре окружающей среды, величина которой должна быть  $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ . Температура воздуха определяется в точке на расстоянии 5 см от воздухозаборника генератора. Токоскоростные характеристики могут определяться при номинальном напряжении, т.е. 14 (28) В. Однако снять такие характеристики возможно только с регулятором, специально перестроенным на высокий уровень поддержания напряжения. Чтобы предотвратить работу регулятора напряжения при снятии токоскоростной характеристики, ее определяют при напряжениях  $U_d = 13,5 \pm 0,1$  ( $27 \pm 0,2$ ) В. Допускается и ускоренный метод определения токоскоростной характеристики, требующий специального автоматизированного стенда, при котором генератор прогревается в течение 30 мин при частоте вращения ротора  $3000 \text{ мин}^{-1}$ , соответствующей этой частоте силе тока и указанном выше напряжении. Время снятия характеристики не должно превышать 30 с при постоянно меняющейся частоте вращения.

Токоскоростная характеристика имеет характерные точки, к которым относятся:

$n_0$  – начальная частота вращения ротора без нагрузки. Поскольку обычно снятие характеристики начинают с тока нагрузки около 2 А, то эта точка получается экстраполяцией снятой характеристики до пересечения с осью абсцисс.

$n_{rg}$  – минимальная рабочая частота вращения ротора, т.е. частота вращения, примерно соответствующая оборотам холостого хода двигателя. Условно принимается  $n_{rg} = 1500 \text{ мин}^{-1}$  (для высокоскоростных генераторов –  $1800 \text{ мин}^{-1}$ ). Сила тока  $I_{dg}$  при этой частоте обычно составляет 40–50% номинального тока и во всяком случае должна быть достаточна для обеспечения питанием тех потребителей энергии на автомобиле, от которых зависит безопасность.

$n_n$  – номинальная частота вращения ротора, при которой вырабатывается номинальный ток  $I_{дн}$ , т.е. ток, сила которого не должна быть меньше номинальной величины.

$n_{max}$  – максимальная частота вращения ротора. При этой частоте генератор вырабатывает максимальный ток  $I_{max}$ , сила которого мало отличается от силы номинального тока. Отечественные изготовители ранее обычно указывали номинальный ток генератора при частоте вращения ротора  $5000 \text{ мин}^{-1}$ , а также указывали частоту вращения ротора генератора в расчетном режиме  $n_p$ , соответствующему расчетному току генератора  $I_{dp}$ , обычно составляющему две трети номинального тока. В расчетном режиме нагрев узлов генератора наибольший. Характеристики определялись при напряжении 13 или 14 В. В табл. 3.1 приведены характерные точки токоскоростной характеристики отечественных генераторных установок, а в табл. 3.2 – генераторных установок

Таблица 3.1. Основные данные генераторов отечественного производства

| Генератор  | Автомобили и автобусы                   | Р ном,<br>Вт | U ном,<br>В | I <sub>ном</sub> *,<br>А | П <sub>о</sub> , мин <sup>-1</sup> ,<br>не более | П <sub>рт</sub> , мин <sup>-1</sup> ,<br>не более | U <sub>гр</sub> ,<br>В | I <sub>гр</sub> ,<br>А | Масса,<br>кг |
|------------|-----------------------------------------|--------------|-------------|--------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------|------------------------|--------------|
| ГТ221А     | ВАЗ-2101, -21011, -2103, -2106          | 600          | 14          | 42                       | 1150                                             | 2500                                              | 14                     | 30                     | 4,2          |
| Г222       | ВАЗ-2105, -2107, ЗАЗ-1102               | 700          | 14          | 50                       | 1250                                             | 2400                                              | 13                     | 35                     | 4,3          |
| Г273В      | КамАЗ-5320, МАЗ-5335                    | 780          | 28          | 28                       | 1050                                             | 2200                                              | 28                     | 20                     | 5,4          |
| 16.3701    | ВАЗ-2108, -2109, -21213, АЗЛК-214201-10 | 770          | 14          | 55                       | 1100                                             | 2000                                              | 13                     | 35                     | 4,4          |
| 37.3701    | ГАЗ-24-10, -31029, -33021               | 900          | 14          | 65                       | 1100                                             | 2500                                              | 14                     | 45                     | 5,6          |
| 29.3701    | «Москвич-2140»; ИЖ-2125, -2715          | 700          | 14          | 50                       | 1250                                             | 2250                                              | 13                     | 32                     | 5,0          |
| 32.3701    | ЗИЛ-431410                              | 840          | 14          | 60                       | 1050                                             | 2200                                              | 14                     | 40                     | 5,0          |
| 38.3701    | ЗИЛ-4331, -133ГЯ                        | 1260         | 14          | 90                       | 900                                              | 1800                                              | 14                     | 60                     | 8,7          |
| 58.3701    | «Москвич-21412»; ИЖ-2125, -2715         | 730          | 14          | 52                       | 1400                                             | 2400                                              | 13                     | 32                     | 4,8          |
| 63.3701    | БелАЗ                                   | 4200         | 28          | 150                      | 1500                                             | 2500                                              | 28                     | 150                    | 22,0         |
| 65.3701    | ЛАЗ-42021, ЛиАЗ-5256                    | 2500         | 28          | 90                       | 1250                                             | 2400                                              | 26                     | 60                     | 9,0          |
| 66.3701    | ПАЗ-672М, -3201                         | 840          | 14          | 60                       | 1150                                             | 2600                                              | 13                     | 40                     | 4,6          |
| 25.3771*   | ГАЗ-3110                                | 1120         | 14          | 80                       | 1100                                             | 2200                                              | 13                     | 53                     | 5,4          |
| 1702.3771  | МАЗ, КамАЗ-5332                         | 1260         | 28          | 45                       | 1150                                             | 2100                                              | 28                     | 30                     | 5,2          |
| 2022.3771  | ЗИЛ-53014                               | 1260         | 14          | 90                       | 1100                                             | 2400                                              | 14                     | 60                     | 6,0          |
| 16.3771    | УАЗ                                     | 800          | 14          | 57                       | 1000                                             | 2050                                              | 13                     | 40                     | 3,4          |
| 19.3771    | ГАЗ-31029, -3302, -3110                 | 940          | 14          | 67                       | 800                                              | 2200                                              | 14                     | 45                     | 5,8          |
| 26.3771    | ВАЗ-2104, -2105, -2108, -2109           | 770          | 14          | 55                       | 1100                                             | 2200                                              | 14                     | 37                     | 3,8          |
| 851.3701   | ЗИЛ-53012                               | 1150         | 14          | 82                       | 1200                                             | 3000                                              | 14                     | 55                     | 5,2          |
| 9002.3701  | ЗИЛ-4334                                | 2240         | 28          | 80                       | 1350                                             | 2600                                              | 18                     | 53                     | 8,7          |
| 94.3701*   | ГАЗ-3302, ВАЗ-2110                      | 1000         | 14          | 70                       | 900                                              | 1800                                              | 14                     | 40                     | 4,5          |
| 955.3701** | ВАЗ-2108, -2109                         | 900          | 14          | 65                       | 1050                                             | 2800                                              | 13                     | 50                     | 6,0          |

\* – генератор компактной конструкции.

\*\* – генератор бесщеточный.

**Таблица 3.2. Основные данные генераторов зарубежного производства**

| Фирма,<br>страна-<br>производитель | Тип     | Ток отдачи, А,<br>при частоте вращения |                        | Наружный<br>диаметр<br>статора, мм | Масса<br>(без шкива),<br>кг |
|------------------------------------|---------|----------------------------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
|                                    |         | 1500 мин <sup>-1</sup>                 | 6000 мин <sup>-1</sup> |                                    |                             |
| Bosch<br>(Германия)                | K1-14V  | 20                                     | 45                     | 125                                | 4                           |
|                                    | 20/45A  |                                        |                        |                                    |                             |
|                                    | 23/55A  | 23                                     | 55                     | 125                                | 4,2                         |
|                                    | 23/65A  | 23                                     | 65                     | 125                                | 4,5                         |
|                                    | 28/70A  | 28                                     | 70                     | 125                                | 4,7                         |
|                                    | 30/85A  | 30                                     | 85                     | 125                                | 5,1                         |
|                                    | N1-14V  |                                        |                        |                                    |                             |
|                                    | 36/80A  | 36                                     | 80                     | 138                                | 5,6                         |
|                                    | 34/90A  | 34                                     | 90                     | 138                                | 5,6                         |
|                                    | 40/115A | 40                                     | 115                    | 142                                | 6,2                         |
|                                    | 25/140A | 25                                     | 140                    | 142                                | 6,4                         |
|                                    | *GC-14V |                                        |                        |                                    |                             |
|                                    | 27-50A  | 27                                     | 50                     | 116                                | 4                           |
|                                    | 27-60A  | 27                                     | 60                     | 116                                | 4                           |
|                                    | 30-70A  | 30                                     | 70                     | 116                                | 4,2                         |
|                                    | *KC-14V |                                        |                        |                                    |                             |
|                                    | 40-70A  | 40                                     | 70                     | 125                                | 4,9                         |
|                                    | 40-80A  | 40                                     | 80                     | 125                                | 4,9                         |
|                                    | 45-80A  | 45                                     | 80                     | 125                                | 5,4                         |
|                                    | 45-90A  | 45                                     | 90                     | 125                                | 5,4                         |
|                                    | *NC-14V |                                        |                        |                                    |                             |
|                                    | 50-100A | 50                                     | 100                    | 142                                | 6                           |
|                                    | 60-120A | 60                                     | 120                    | 142                                | 6,2                         |
|                                    | 40-140A | 40                                     | 140                    | 142                                | 6,7                         |
| Valeo<br>(Франция)                 | A13N14B |                                        |                        |                                    |                             |
|                                    | 50A     | 28                                     | 52                     | 128                                | 4,1                         |
|                                    | 60A     | 28                                     | 64                     | 128                                | 4,1                         |
|                                    | 70A     | 28                                     | 71                     | 128                                | 4,1                         |
|                                    | 80A     | 28                                     | 80                     | 128                                | 4,1                         |
|                                    | A14N14V |                                        |                        |                                    |                             |
|                                    | 75A     | 35                                     | 77                     | 136                                | 5,6                         |
|                                    | 80A     | 31                                     | 82                     | 136                                | 5,6                         |
|                                    | 90A     | 42                                     | 96                     | 136                                | 5,6                         |
|                                    | 105A    | 40                                     | 110                    | 142                                | 6,3                         |
|                                    | *A11VI  |                                        |                        |                                    |                             |
|                                    | 21      | 35                                     | 70                     | 125                                | 4,5                         |
|                                    | *A11VI  |                                        |                        |                                    |                             |

### Окончание таблицы 3.2

| Фирма,<br>страна-<br>производитель | Тип              | Ток отдачи, А,<br>при частоте вращения |                        | Наружный<br>диаметр<br>статора, мм | Масса<br>(без шкива),<br>кг |
|------------------------------------|------------------|----------------------------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
|                                    |                  | 1500 мин <sup>-1</sup>                 | 6000 мин <sup>-1</sup> |                                    |                             |
| Valeo<br>(Франция)                 | 22, 23           | 30                                     | 60                     | 125                                | 4,5                         |
|                                    | *A13VI<br>40, 41 | 40                                     | 90                     | 136                                | 5,8                         |
| Magneti Marelli<br>(Италия)        | AA125R-14v       |                                        |                        |                                    |                             |
|                                    | -45              | 20                                     | 48                     | 125...128                          | 4...4,3                     |
|                                    | -55              | 22                                     | 57                     | 125...128                          | 4...4,3                     |
|                                    | -65              | 35                                     | 68                     | 125...128                          | 4...4,3                     |
| Lucas<br>(Англия)                  | A127             |                                        |                        |                                    |                             |
|                                    | -45              | 19                                     | 45                     | 127                                | 4                           |
|                                    | -55              | 24                                     | 55                     | 127                                | 4,2                         |
|                                    | -65              | 24                                     | 65                     | 127                                | 4,3                         |
|                                    | -70              | 25                                     | 70                     | 127                                | 4,3                         |
|                                    | -72              | 25                                     | 72                     | 127                                | 4,4                         |

\* – генераторы компактной конструкции.

легковых автомобилей основных европейских фирм. Там же указана масса генераторов.

Приняемость генераторных установок на автомобилях связана с маркой двигателя. Сейчас на отечественные автомобили устанавливаются и двигатели зарубежного производства. Например, автомобили «Москвич» оборудуются двигателями Renault F3R с генераторной установкой фирмы «Valeo».

Генераторная установка должна самовозбуждаться при частоте вращения ротора ниже числа оборотов холостого хода коленчатого вала двигателя. Конечно, проверка на самовозбуждение должна производиться при работе генераторной установки в комплекте с аккумуляторной батареей при включении контрольной лампы в схемах рис. 3.6, д, ж.

Энергетическую способность генератора характеризует его коэффициент полезного действия (КПД). Чем выше КПД, тем меньшую мощность отнимает генератор у двигателя при той же полезной отдаче.

Величина КПД зависит от конструкции генератора – толщины пластины пакета статора и способа изоляции их друг от друга, величины сопротивления обмоток, диаметра контактных колец, марки щеток и подшипников и т.п., но, главным образом, от мощности генератора: чем генератор мощнее, тем КПД выше. Значения КПД по точкам токоскоростной характеристики представлены на рис. 3.7 для ориентировки. Обычно максимальное значение КПД вентильных автомобильных генераторов не превышает 50 – 60%.

Регуляторную часть генераторной установки характеризует диапазон изменения выходного напряжения при изменении частоты вращения ротора, нагрузки и температуры. Диапазоны изменения напряжения отечественных ге-

**Таблица 3.3. Диапазоны изменения напряжения генераторных установок отечественного производства**

| Регулятор напряжения | Генератор                      | U <sub>ном</sub> , В | Диапазон стабилизации напряжения, В | Падение напряжения при I <sub>H</sub> =3 А, В, не более | Схема по рис.3.6 |
|----------------------|--------------------------------|----------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------|
| 121.3702             | Г221А                          | 14                   | 13,4...14,6                         | 1,6                                                     | а                |
| 13.3702              | 16.3701                        | 14                   | 13,4...14,7                         | 1,6                                                     | б                |
| 1307.3702            | 1607.3701                      | 14                   | 12,9...14,2                         | 1,6                                                     | б                |
| Я112В1(В2)           | Г222, 583.3701-20              | 14                   | 13,9...14,3                         | 1,5                                                     | в                |
| Я112А1(А2)           | 29.3701, Г266                  | 14                   | 13,5...14,8                         | 1,5                                                     | б                |
| 17.3702              | 37.3701                        | 14                   | 13,5...14,6                         | 1,3                                                     | д                |
| Я120М1(М2)           | Г273А (Б, В, Г)                | 28                   | 27...28<br>28,5...31                | 1,5                                                     | е                |
| 21.3702              | 63.3701                        | 28                   | 26...28,5                           | 1,8                                                     | е                |
| 23.3702              | 57.3701, 65.3701,<br>9002.3701 | 28                   | 26,5...28<br>28,4...30              | 1,2                                                     | б                |
| Я112А1Т              | 16.3771, 583.3701              | 14                   | 12,95...14,2                        | 1,5                                                     | б                |
| Я212А11Е             | 25.3771, 94.3701               | 14                   | 13,7...14,5                         | 1,2*                                                    | ж                |
| 1902.3702            | 3812.3701                      | 14                   | 13,6...13,9<br>14,2...14,5          | 1,4                                                     | г                |
| 2712.3702            | Г288, 1702.3771                | 28                   | 27,2...27,9<br>28,4...29,3          | 1,4                                                     | б                |
| 4332.3702            | 13.3771                        | 28                   | 29,5...27,1                         | 1,2*                                                    | е                |
| 4202.3702            | 2022.3771                      | 14                   | 13,3...15,0                         | 1,4*                                                    | б                |
| 3702.3702            | 3802.3701                      | 14                   | 13,6...13,9<br>14,2...14,5          | 1,4                                                     | г                |
| 4302.3702            | 58.3701                        | 14                   | 13,55...14,8                        | 1,4*                                                    | б                |

\* – при токе 4 А.

генераторных установок представлены в табл. 3.3. Дробью указан диапазон регуляторов, имеющих переключение настройки. Там же указана величина падения напряжения в выходной цепи регулятора, которая влияет на токоскоростную характеристику.

Зарубежные фирмы обычно указывают напряжение настройки регулятора напряжения при холодном состоянии генераторной установки, при частоте вращения ротора 6000 мин<sup>-1</sup>, нагрузке силой тока в 5 А и работе в комплекте с аккумуляторной батареей, а также коэффициент термокомпенсации, т.е. величину изменения напряжения при изменении температуры окружающей среды на 1°С. С ростом температуры напряжение уменьшается. Для легковых автомобилей, в основном, предлагаются напряжения настройки регулятора (14,1±0,1) В при термокомпенсации (7±1,5) мВ/°С и (14,5±0,1) В при термокомпенсации (10±20) мВ/°С.



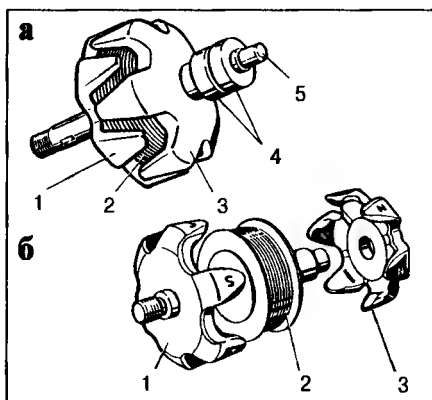


**Рис. 3.8. Ротор автомобильного генератора:**  
 а – ротор в сборе; б – полюсная система в разобранном виде; 1 и 3 – полюсные половины; 2 – обмотка возбуждения; 4 – контактные кольца; 5 – вал

контактных колец, во втором – через вентиляционные окна обеих крышек. Компактную конструкцию отличают наличие вентиляционных отверстий на цилиндрических частях крышек и усиленное оребрение. Малый диаметр внутренних вентиляторов позволяет увеличить частоту вращения ротора генераторов компактной конструкции, поэтому ряд фирм называет их высокоскоростными. Последние годы как в России, так и за рубежом новые разработки генераторов имеют обычно компактную конструкцию. Для автомобилей с высокой температурой воздуха в моторном отсеке или работающих в условиях повышенной запыленности, применяют конструкцию с поступлением забортного воздуха через кожух с патрубком и воздуховод (рис. 3.9, в).

По общей компоновке генераторы разделяются на конструкции, у которых ще-

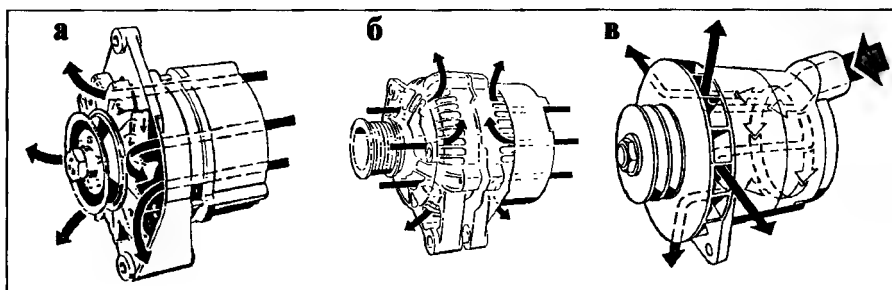


**Рис. 3.9. Схемы движения охлаждающего воздуха в генераторах :**

а – генераторы традиционной конструкции; б – генераторы компактной конструкции; в – генераторы для повышенной температуры подкапотного пространства. Стрелками указано направление движения охлаждающего воздуха

## 3.5. Конструкция генераторов

Отечественные и зарубежные генераторы в принципе имеют идентичную конструкцию, в основу которой положена клювообразная полюсная система ротора (рис. 3.8). Такая система позволяет создать многополюсную систему с помощью одной катушки возбуждения.

По организации системы охлаждения генераторы можно разделить на два типа – традиционной конструкции, с вентилятором на приводном шкиве (рис. 3.9, а) и компактной конструкции, с двумя вентиляторами у торцевых поверхностей полюсных половин ротора (рис. 3.9, б). В первом случае охлаждающий воздух засасывается вентилятором через вентиляционные окна в крышке со стороны

точный узел размещен во внутренней полости генератора, и конструкции с размещением его снаружи под пластмассовым кожухом. В последнем случае контактные кольца ротора имеют малый диаметр, т.к. при сборке генератора они должны пройти через внутренний диаметр подшипника задней крышки. Уменьшение диаметра колец способствует повышению ресурса работы щеток.

Отечественные генераторы традиционной конструкции в основном выполняют – либо с конструктивной преемственностью генераторов автомобилей ВАЗ, либо длительное время применявшихся на автомобилях многих марок генераторов Г250. На рис. 3.10 представлен генератор 37.3701, установленный на автомобиле ВАЗ–2108 и др., на рис. 3.11 – генератор 16.3701 автомобилей «Волга», «Газель», а на рис. 3.12 – генератор 581.3701 автомобилей «Москвич». Все генераторы имеют расположение щеточных и выпрямительных узлов во внутренней полости. У генераторов 37.3701 щеточный узел встроен в регулятор напряжения, у 581.3701, наоборот, регулятор встроен в щеточный узел, а 16.3701 работает с вынесенным регулятором напряжения. Совмещение регулятора со щеточным узлом вообще характерно для мировой практики. У генераторов 371.3701 и 3702.3701 регулятор напряжения 36.3702 в металlostеклянном корпусе установлен на щеточном узле. На рис. 3.13 представлен генератор компактной конструкции фирмы Bosch. Аналогичную конструкцию имеет генератор 9422.3701 автомобиля ВАЗ–2110 с электронным впрыском топлива, генератор 26.3771 автомобилей ВАЗ и АЗЛК. В этих генераторах щеточный, выпрямительный узлы и регуляторы напряжения закреплены на задней крышке под пластмассовым колпаком.

Статор генератора устанавливается между крышками, причем их посадочные места контактируют с наружной поверхностью пакета статора. Чем глубже статор утоплен в крышке, тем меньше вероятность появления перекоса подшипников, установленных в крышках. Некоторые зарубежные фирмы выпускают генераторы, у которых статор полностью утоплен в переднюю крышку, существуют конструкции, у которых средние листы пакета выступают над остальными и они являются посадочным местом для крышки.

Крепежные лапы и натяжное ухо отливаются заодно с крышками. Отличием генераторов ВАЗ является наличие шпильки вместо натяжного уха. Отечественные генераторы традиционной конструкции имеют двухлапное крепление, крепежные лапы выполнены заодно с крышками. Зарубежные генераторы легковых автомобилей крепятся на двигателе обычно за одну лапу, которую имеет передняя крышка. Впрочем, однолапное крепление может осуществляться стыковой приливкой обеих крышек. На отечественных генераторах компактной конструкции расширяется применение однолапного крепления. Пакет статора отечественных генераторов набирается из стальных листов толщиной 0,5 – 1 мм. Однако более прогрессивной технологией является навивка пакета из ленты или набор его из стальных подковообразных сегментов, т.к. при этом снижается расход стали. Листы скреплены между собой сваркой.

Генераторы устаревших конструкций имели 18 пазов на статоре под размещение обмотки, в настоящее время практически все генераторы массовых выпусков имеют 36 пазов.

Пазы изолированы пленкоэлектрокартоном, полиэтилентерефталатной пленкой или напылением изоляции, обмотки выполняются проводами ПЭТ–200, ПЭТД–180,

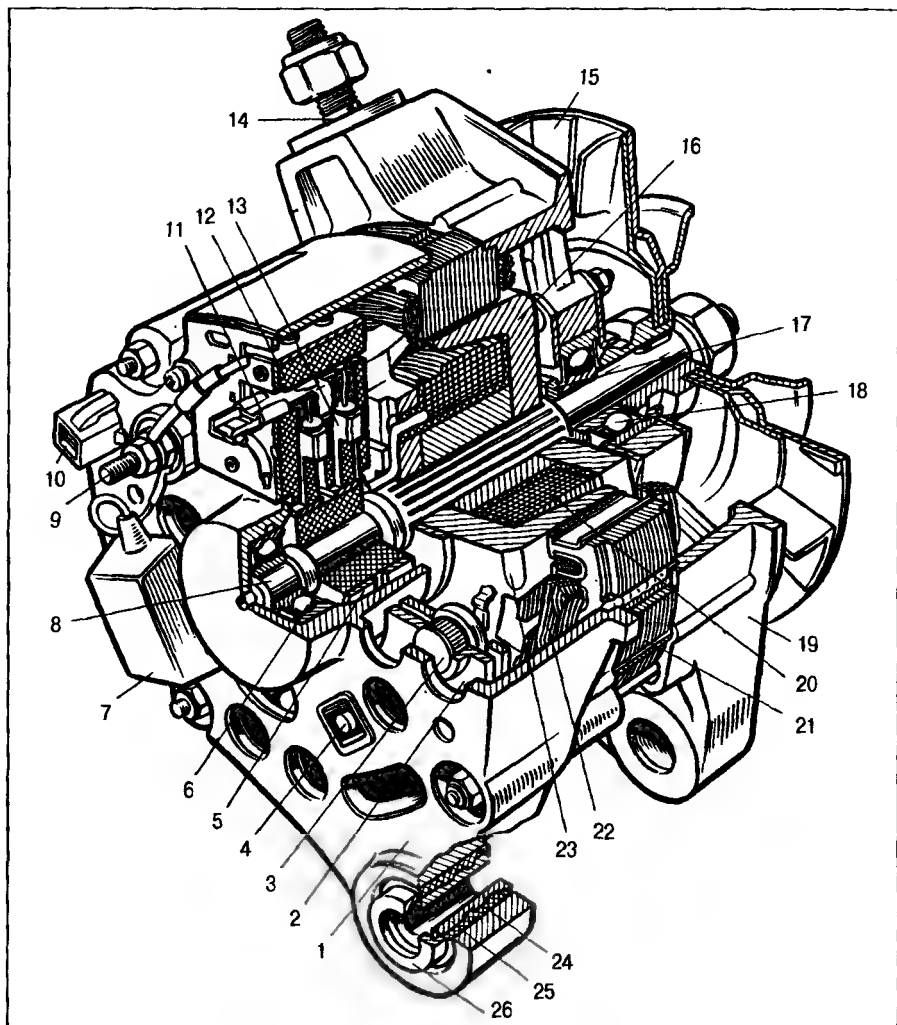


**Рис. 3.10. Генератор 37.3701:**

1 – крышка со стороны контактных колец; 2 – выпрямительный блок; 3 – вентиль (диод) выпрямительного блока; 4 – винт крепления выпрямительного блока; 5 – контактное кольцо; 6 – задний шарикоподшипник; 7 – конденсатор; 8 – вал ротора; 9 – вывод «30» генератора; 10 – вывод «61» генератора; 11 – вывод регулятора напряжения; 12 – регулятор напряжения; 13 – щетка; 14 – шпилька крепления генератора к натяжной планке; 15 – шкив с вентилятором; 16 – полюсный наконечник ротора; 17 – дистанционная втулка; 18 – передний шарикоподшипник; 19 – крышка со стороны привода; 20 – обмотка ротора; 21 – створ; 22 – обмотка статора; 23 – полюсный наконечник ротора; 24 – буферная втулка; 25 – втулка; 26 – подвижная втулка

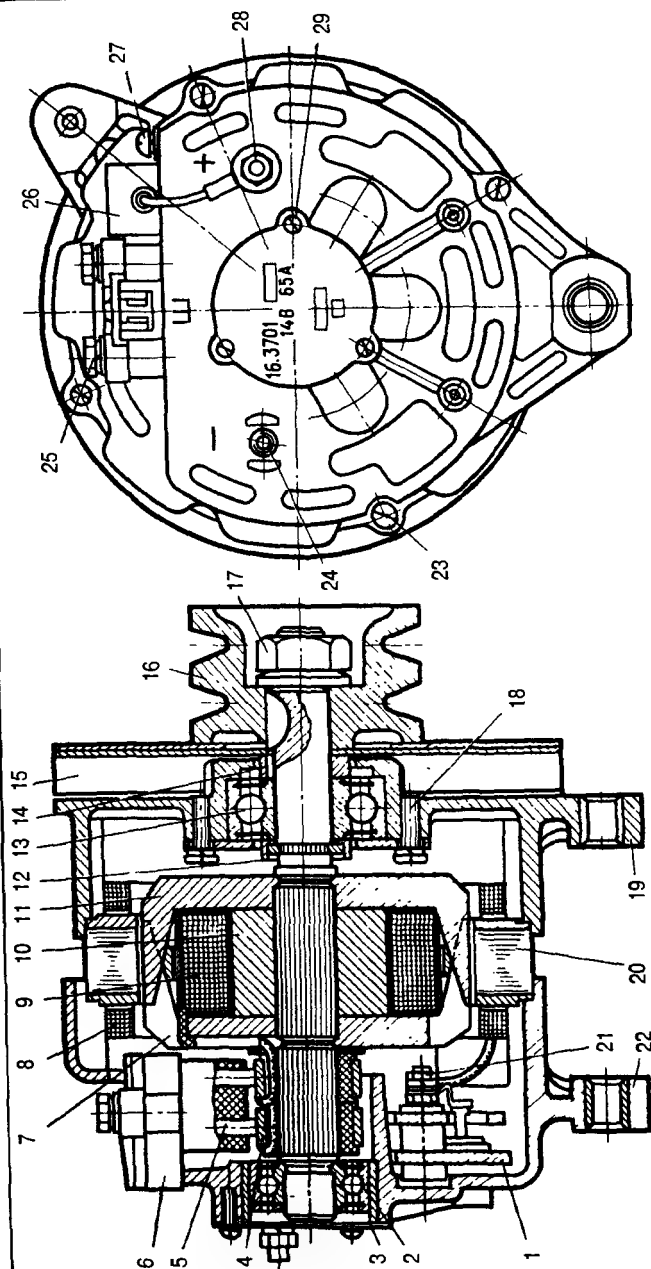


**Рис. 3.11. Генератор 16.3701:**

1 – выпрямительный блок; 2, 13 – подшипники; 3 – крышка подшипника; 4 – кольца; 5 – щетки; 6 – щеткодержатель; 7, 11 – ключообразные полюсные полушины; 8 – обмотка статора; 9 – обмотка возбуждения; 10 – втулки ротора; 12 – статорное кольцо; 14 – упорная втулка; 15 – вентилятор; 16 – шкив; 17 – гайка крепления шкива; 18 – винт крепления фланца подшипника; 19 – передняя крышка; 20 – сердечник статора; 21 – гайка болта соединения выходов фаз статора с выпрямителем; 22 – задняя крышка; 23 – стяжные винты; 24 – вывод «+»; 25 – болт крепления щеткодержателя; 26 – конденсатор; 27 – винт крепления конденсатора; 28 – вывод «+»; 29 – винт крепления крышки подшипника

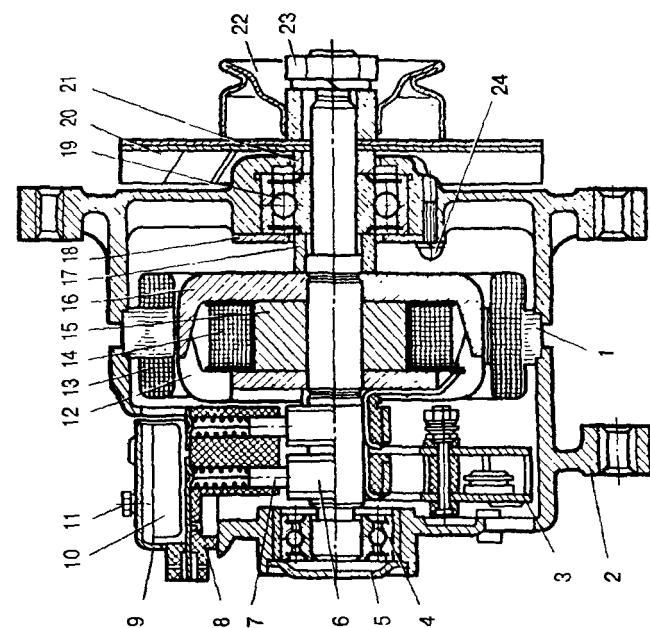


Рис. 3.12. Генератор 551.3701:

1 – сердечник статора; 2 – задняя крышка; 3 – выпрямитель; 4, 19 – подшипники; 5 – крышка подшипника; 6 – кольца; 7 – щетки; 8 – щеткодержатель; 9 – кожух; 10 – регулятор; 11 – винт крепления узла регулятора; 12, 16 – полюсные половины; 13 – обмотка статора; 14 – обмотка возбуждения; 15 – втулка ротора; 17 – статорная втулка; 18 – фланец; 20 – вентилятор; 21 – упорная втулка; 22 – шкив; 23 – гайка шкива; 24 – винт крепления фланца подшипника; 25 – стяжные винты; 26 – штекерный вывод «Ш»; 27 – штекерная колодка вывода фазы обмотки статора; 28 – вывод «+»; 29 – винт крепления конденсатора; 30 – конденсатор

ПЭТВМ, ПЭСВ-3 и др. Схемы обмотки статора представлены на рис. 3.14. У распределенной обмотки секция разбивается на две полусекции, исходящие из одного паза, причем одна полусекция отходит влево, другая вправо. Петлевая обмотка имеет секции или полусекции в виде катушек с лобовыми соединениями по обе стороны пакета статора, волновая же действительно напоминает волну, т.к. ее лобовые соединения расположены поочередно то с одной, то с другой стороны статора.

Соединение фаз производится, как правило, в «звезду», однако автоматическая намотка провода большого сечения затруднена, поэтому в генераторах повышенной мощности применяют соединение в «треугольник» или две «звезды» параллельно («двойная звезда»). В табл. 3.4 приведены обмоточные данные некоторых типов отечественных генераторов.

**Таблица 3.4. Обмоточные данные генераторов отечественного производства**

| Тип генератора | Обмотка статора     |                      | Обмотка возбуждения |              |                                    |
|----------------|---------------------|----------------------|---------------------|--------------|------------------------------------|
|                | Диаметр провода, мм | Число витков катушки | Диаметр провода, мм | Число витков | Сопротивление обмотки при 20°C, Ом |
| Г221А          | 1,25                | 10                   | 0,69                | 500 ± 3      | 4,3 ± 0,2                          |
| Г222           | 1,0                 | 9                    | 0,71                | 460 ± 3      | 3,7 ± 0,2                          |
| 37.3701        | 1,0                 | 8,5                  | 0,8                 | 420 ± 6      | 2,6 ± 0,1                          |
| 16.3701        | 1,06                | 9                    | 0,93                | 440 ± 10     | 2,5 ± 0,1                          |
| 19.3701        | 1,4                 | 8                    | 0,95                | 544 ± 5      | 3,0 ± 0,15                         |
| 29.3701        | 1,32                | 9                    | 0,8                 | 550 ± 3      | 3,7 ± 0,2                          |
| 32.3701        | 1,12                | 16                   | 0,8                 | 550 ± 3      | 3,7 ± 0,2                          |
| 38.3701        | 1,4                 | 6,5                  | 0,9                 | 490 ± 5      | 3,1 ± 0,15                         |
| 581.3701       | 1,18                | 14                   | 0,75                | 464 ± 5      | 3,7 ± 0,2                          |
| 58.3701        |                     |                      |                     |              |                                    |
| 582.3701       | 1,18                | 13                   | 0,8                 | 390 ± 5      | 2,7 ± 0,2                          |
| 583.3701       |                     |                      |                     |              |                                    |
| Г254           | 1,32                | 13                   | 0,8                 | 535 ± 5      | 3,7 ± 0,2                          |
| Г266           | 1,56                | 10                   | 0,8                 | 550 ± 3      | 3,7 ± 0,2                          |
| Г286           | 1,7                 | 14                   | 0,93                | 550 ± 10     | 3,7 ± 0,2                          |
| Г273           | 1,18                | 20                   | 0,8                 | 550 ± 3      | 3,7 ± 0,2                          |
| Г289           | 1,7                 | 8                    | 0,93                | 550 ± 10     | 3,7 ± 0,2                          |
| Г263           | 1,8                 | 11                   | 0,93                | 580 ± 5      | 3,4 ± 0,2                          |
| 955.3701       | 1,06                | 38                   | 0,8                 | 340 ± 5      | 2,3 ± 0,4                          |
| Г287-Б         | 1,45                | 15                   | 0,83                | 530 ± 5      | 3,6 ± 0,2                          |
| 16.3771        | 1,25                | 14                   | 0,8                 | 350 ± 5      | 2,4 ± 0,1                          |
| 1702.3771      | 0,95                | 26                   | 0,63                | 710 ± 5      | 8,0 ± 0,2                          |
| 19.3771        | 1,25                | 14                   | 0,8                 | 350 ± 5      | 2,4 ± 0,1                          |
| 2022.3771      | 1,25                | 14                   | 0,8                 | 350 ± 5      | 2,4 ± 0,1                          |
| 25.3771        | 1,25                | 14                   | 0,8                 | 350 ± 5      | 2,4 ± 0,1                          |

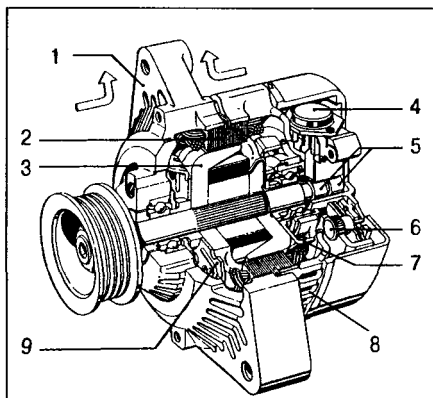


**Рис. 3.13. Генератор компактной конструкции фирмы Bosch:**

1, 8 – крышки; 2 – статор; 3 – ротор; 4 – регулятор напряжения; 5 – контактные кольца; 6 – выпрямитель; 7, 9 – вентиляторы

После намотки обмотки пропитываются специальным лаком, что повышает их механическую и электрическую прочность, а также улучшает теплоотвод.

Катушечная обмотка возбуждения имеет сопротивление, которое определяется максимально допустимой величиной тока регулятора напряжения, наматывается на каркас или непосредственно на втулку ротора. Полюсные половины при сборке напрессовываются на вал ротора под давлением, чтобы уменьшить паразитные воздушные зазоры по торцам втулки, ухудшающие характеристики генератора. При запрессовке материал полюсных половин затекает в проточки вала, делая полюсную систему ротора трудноразборной. В конструкции, где втулка разделена на две части,

выполненные заодно с полюсными половинами, паразитный зазор всего один. Такое исполнение характерно для генераторов Г222, 37.3701.

У генераторов легковых автомобилей значительную проблему составляет магнитный шум генератора. Для уменьшения этого шума клювы полюсной системы имеют небольшие скосы по краям. Некоторые фирмы применяют специальное немагнитное противозумовое кольцо, расположенное под острыми краями клювов и приваренное к ним. Кольцо не дает клювам приходиться в колебание и излучать звук.

Отечественные генераторы оборудованы цилиндрическими медными кольцами, к которым припаяны или приварены концы обмотки возбуждения. В мировой практике встречаются кольца из латуни или нержавеющей стали, что снижает их износ и окисление, особенно во влажной среде. Встречаются также кольца, расположенные по торцу вала.

Щеточный узел – это пластмассовая деталь, в которой установлены щетки двух типов – меднографитные и электрографитные. В отечественных генераторах применяются электрографитные щетки ЭГ51А размером 5×8×18мм (генераторы Г222, 37.3701 и др) и меднографитные М1 размером 6×6,5×13мм (генераторы 16.3701, 58.3701 и др). Электрографитные щетки имеют повышенное падение напряжения в контакте с кольцами, что неблагоприятно сказывается на выходных характеристиках генератора, но они обеспечивают меньший износ колец.

Выпрямительные узлы, применяющиеся на автомобильных генераторах, разделяются на два типа: либо это пластины–теплоотводы, в которые запрессовываются или к которым припаяются диоды, а как вариант – в которых загерметизированы кремниевые переходы, либо это сильно оребренные конструкции, к которым припаяются диоды таблеточного типа.

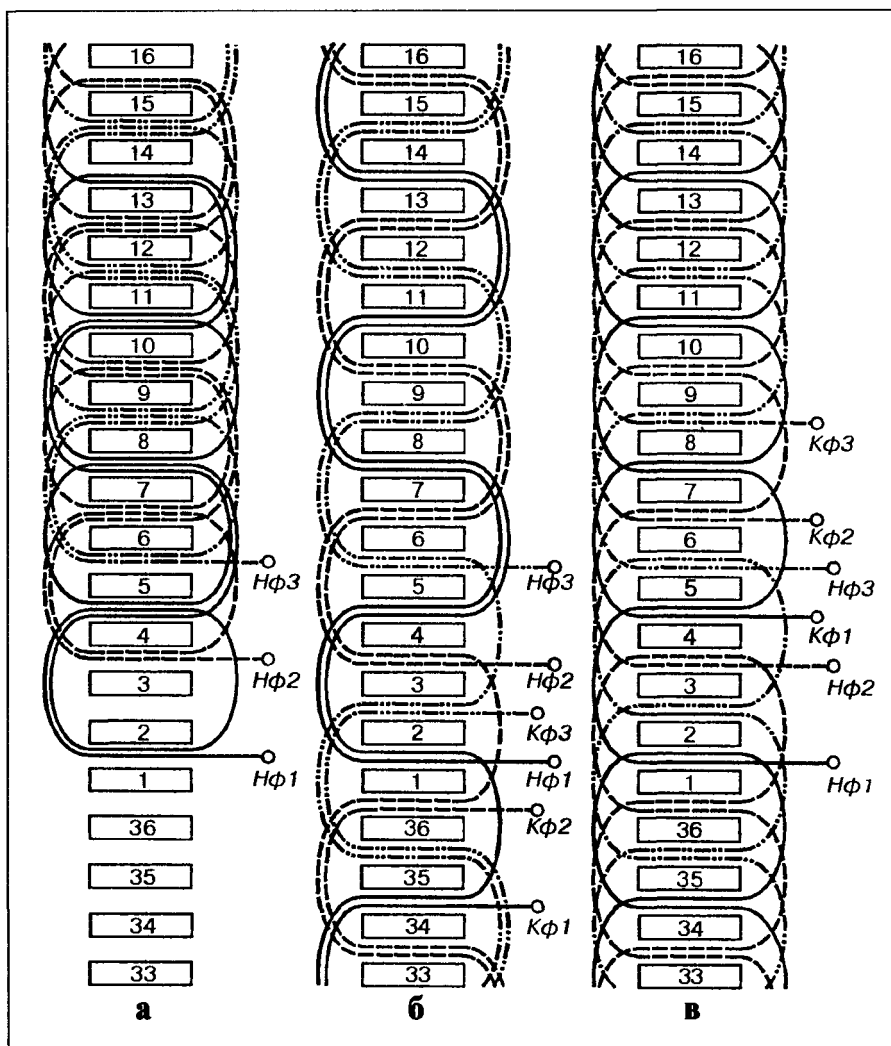


Рис. 3.14. Схемы обмоток статора:

а – петлевая распределенная; б – волновая сосредоточенная; в – волновая распределенная  
 — 1 фаза; ..... 2 фаза; - · - · - 3 фаза

Типичный отечественный выпрямительный блок БПВ11–60 генератора 37.3701, блоки генераторов фирм Bosch (Германия), Nippon Denso (Япония), относящиеся к первому типу, а также блок генераторов фирмы Magneti Marelli (Италия) второго типа вместе с применяющимися на них диодами изображены на рис. 3.15.



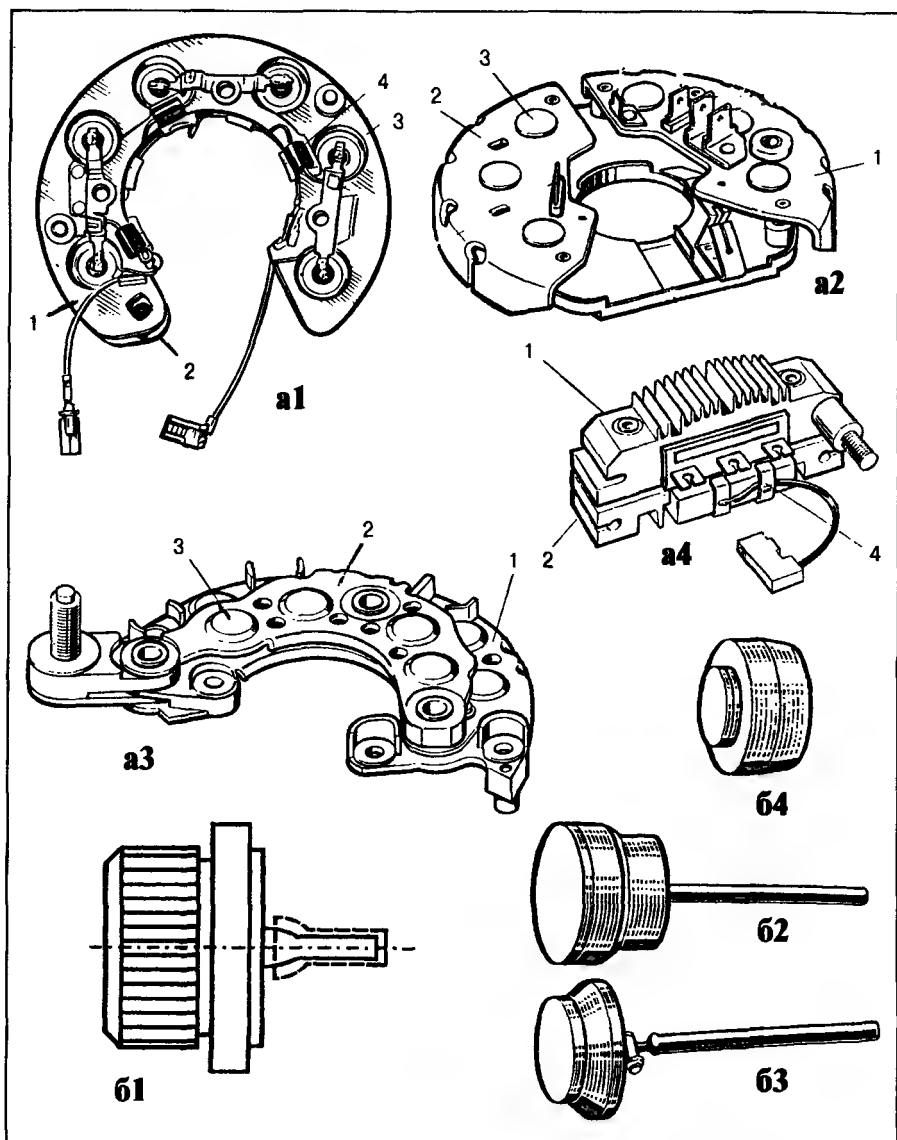


**Рис. 3.15. Выпрямительные блоки генераторов:**

**a1, a2, a3, a4** – выпрямительные блоки соответственно БГВ 11–60 генератора 37.3701; генераторов Bosch; генераторов Nippon Denso; генераторов Magneti Marelli; **61, 62, 63, 64** – соответственно диоды этих блоков: **61** – положительный теплоотвод; **62** – отрицательный теплоотвод; **63** – диоды основного выпрямителя; **64** – диоды дополнительного выпрямителя

Выпрямительные блоки отечественных генераторов используют диоды Д104–20, Д104–25 и Д104–35, рассчитанные, соответственно, на максимальные допустимые токи 20, 25 и 35 А или их аналоги, имеющие такие же размеры и характеристики, а также, в последних конструкциях, силовые стабилитроны. Стабилитроны применяются в основном там, где на генераторы установлены регуляторы с микросхемой на монокристалле кремния или с использованием полевых транзисторов.

Диоды и стабилитроны выполняются в корпусе диаметром 12,77 мм, в модификациях с анодом или катодом на корпусе, для запрессовки соответственно в отрицательный или положительный теплоотводы. В трехфазных генераторах максимальный ток генератора не должен превышать утроенную величину максимально допустимого тока через диод, установленный в выпрямителе. Если это происходит, применяют параллельное включение диодов или выпрямителей. В дополнительном выпрямителе устанавливаются диоды на ток 2 А. Основные параметры выпрямительных блоков, наиболее широко применяющихся в отечественных генераторах, приведены в табл. 3.5.

Блок БПВ 76–80–02 выполнен для работы в схеме по рис. 3.6, ж, на силовых стабилитронах и имеет 4 плеча и дополнительный выпрямитель на ток 6 А.

Аналогичный блок БПВ 26–80 имеет 3 плеча на силовых стабилитронах.

В генераторе 25.3771 установлен один защитный стабилитрон по схеме на рис. 3.6, д.

Подшипниковые узлы генераторов – это, как правило, радиальные шариковые подшипники со встроенными в подшипник уплотнениями и одноразовой закладкой смазки.

Посадка шариковых подшипников со стороны контактных колец на вал плотная, в крышку – скользящая, со стороны привода, наоборот, плотная посадка в крышку и скользящая на вал. Такая посадка оставляет возможность проворота наружной обоймы подшипника со стороны контактных колец в гнезде с последующим выходом его из строя. Для предотвращения проворота применяют резиновые кольца в посадочном месте (Г221А, Г222, 37.3701), пластмассовые стаканчики (94.3701), гофрированные стальные пружины и т.п. Набор марок подшипников, применяющихся в отечественных генераторах, невелик: 6–180605К1С9, 6–180603К2С9Ш1, 6–180503К2С9Ш, 0–180502К1С9Ш, 6–1180304КС9Ш1, 6–180302У1С9, 6–180201У1С9. В них заложена смазка ЛЗ–31М.

Привод генератора осуществляется клиновым или поликлиновым ремнем через шкив, установленный на валу ротора. Качество обеспечения питанием потребителей, в том числе заряд аккумуляторной батареи, зависит от передаточного числа ременной передачи, равного отношению диаметров ручьев шкивов коленчатого вала двигателя и генератора. Чем больше это число, тем больший ток может отдать потребителям генератор. Однако при больших передаточных числах происходит ускоренный износ ремня. Поэтому для клиновидных ремней это число не превышает 2,5 (у автомобилей ВАЗ– 2,04; «Волга» ГАЗ–31029 – 2,4; «Москвич» – 1,7; ЗИЛ–431410 – 1,82).

Более высокое передаточное число (до 3) возможно у поликлиновых ремней, применение которых расширяется вместе с генераторами компактной

**Таблица 3.5 Параметры выпрямительных блоков генераторов отечественной конструкции**

| Тип блока     | Тип генератора  | Номинальное напряжение, В | Максимальная сила выпрямленного тока, А | Сила обратного тока при напряжении 150 В, мА | Число диодов |
|---------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------|--------------|
| БПВ 6-50-02   | Г221А, Г222     | 14                        | 50                                      | 3                                            | 6            |
| БПВ 8 – 100   | Г286, Г289      | 14 и 28                   | 100                                     | 10                                           | 12           |
| БПВ 7-100-02  | 3812.3701, Г287 | 14 и 28                   | 100                                     | 10                                           | 12           |
| БПВ 11 – 60   | 37.3701         | 14                        | 60                                      | 5                                            | 9            |
| БПВ 46-65-02  | 32.3701         | 14                        | 65                                      | 5                                            | 6            |
| БПВ 4-60-02   | 29.3701         | 14                        | 60                                      | 5                                            | 6            |
| БПВ 45-65-02  | 58.3701         | 14                        | 65                                      | 5                                            | 6            |
| БПВ 62-100-Т2 | 955.3701        | 14                        | 65                                      | 5                                            | 15           |
| БПВ 35-65-02  | 16.3701         | 14                        | 65                                      | 5                                            | 6            |
| БПВ 24-45     | Г273            | 28                        | 45                                      | 5                                            | 6            |
| БПВ 56-65     | Г221А, Г222     | 14                        | 65                                      | 5                                            | 6            |
| БПВ 76-80-02  | 94.3701         | 14                        | 80                                      | 5                                            | 11           |

конструкции. Поликлиновой ремень способен, кроме генератора, приводить во вращение еще ряд агрегатов, в то время как клиновой ремень надежно работает лишь при индивидуальном приводе. На генераторах с диаметром вала под установку шкива до 17 мм (17 мм – наиболее распространенный в мире диаметр под шкив генераторов легковых автомобилей) шпонка под шкив обычно не устанавливается. Об отсутствии шпонки видно по шестиугольной выдавке в торце вала, за которую ключом удерживают вал при затяжке гайки шкива.

### 3.6. Бесщеточные генераторы

Бесщеточные генераторы обладают повышенной надежностью и долговечностью, т.к. у них отсутствует щеточно-контактный узел, подверженный износу и загрязнению, а обмотка возбуждения неподвижна. Однако масса и габариты этих генераторов больше.

Отечественная промышленность предлагает для установки на автомобилях ВАЗ индукторный генератор 955.3701 (рис. 3.16, а) со смешанным магнито-электромагнитным возбуждением. Он выполнен с использованием традиционной конструкции тракторных генераторов.

Ротор генератора представляет собой стальную шестилучевую звездочку, между зубьями ротора размещены постоянные магниты.

На зубцах статора помещена катушечная обмотка, соединенная в пятиугольник. Передняя крышка стальная. В ней располагается индуктор со втулкой, закрепленный за фланец к крышке. На втулке индуктора размещена об-

мотка возбуждения, намотанная на каркас. Между втулкой индуктора и втулкой ротора имеется воздушный зазор.

На стальную крышку надет подшипниковый щит с натяжным ухом и лапой, расположение которых позволяет применять генератор на любых автомобилях ВАЗ. Задняя крышка из алюминиевого сплава несет на себе выпрямительный блок БПВ 62-100, расположенный в ее внутренней полости и закрепленный на ней пятью изолированными болтами, а также регулирующее устройство, содержащее интегральный регулятор напряжения Я112Б и подстроечный резистор. Блок расположен на наружной поверхности задней крышки и закрыт пластмассовым кожухом. Там же расположен помехоподавляющий конденсатор К-73-21 (2,2 мкФ). Генератор, кроме основной обмотки возбуждения, имеет встречно ей включенную размагничивающую обмотку, расширяющую скоростной диапазон применения генератора.

Зарубежные бесконтактные генераторы выполняются на базе клювообразной конструкции. Наиболее широко бесконтактную схему использует фирма Delco-Remy (рис. 3.16, б). Отличие этих генераторов состоит в том, что одна полюсная клювообразная половина посажена на вал, как у обычного щеточного генератора, а другая в урезанном виде приваривается к ней по клювам немагнитным материалом.

Каркас обмотки возбуждения помещен на магнитопровод (индуктор), закрепленный на крышке генератора. Между этим магнитопроводом и полюсной системой имеется воздушный зазор. При вращении вала сидящая на ней полюсная половина вместе с приваренной к ней другой полюсной половиной вращаются при неподвижной обмотке возбуждения.

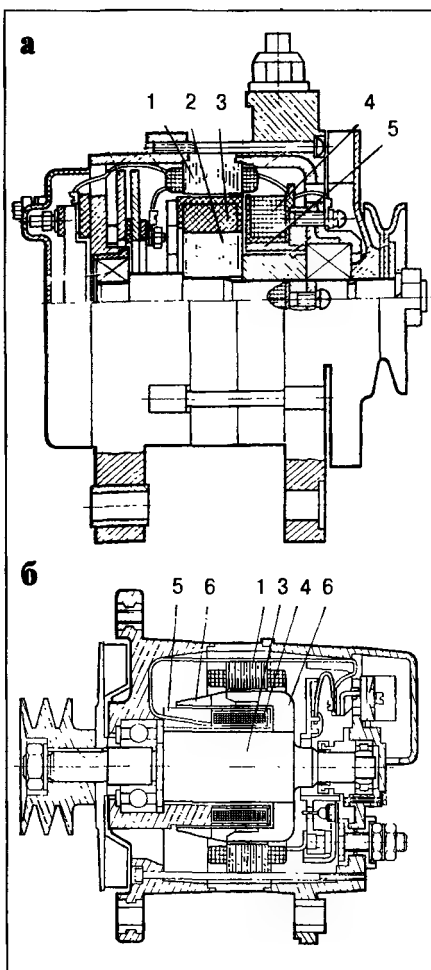


**Рис. 3.16. Бесщеточные генераторы:**  
а – генератор 955.3701; б – генератор фирмы Delco-Remy (США); 1 – статор; 2 – ротор; 3 – постоянный магнит; 4 – обмотки возбуждения; 5 – индуктор (магнитопровод обмотки возбуждения); 6 – клювообразные полюсные половины

### 3.7. Схемное и конструктивное исполнение регуляторов напряжения

Конструкция, технология изготовления и схемное исполнение регуляторов напряжения тесно связаны друг с другом. Основные тенденции развития конструкций и схем обуславливаются стремлением миниатюризировать регулятор, чтобы при встраивании в генератор он занимал меньше места, увеличить число выполняемых им функций (например, наряду со стабилизацией напряжения сообщать о работоспособности генераторной установки, предотвращать разряд аккумуляторной батареи при неработающем двигателе), а также повысить качество выходного напряжения.

Вибрационные реле-регуляторы и контактно-транзисторные регуляторы в настоящее время полностью заменены электронными транзисторными регуляторами напряжения. С развитием электроники наметились существенные изменения в схемном и конструктивном решении электронных регуляторов. Теперь их можно разделить на две группы – регуляторы традиционного схемного исполнения с частотой переключения, меняющейся с изменением режима работы генератора, и регуляторы со стабилизированной частотой переключения, работающие по принципу широтно-импульсной модуляции (ШИМ). По конструкции регуляторы традиционного схемного исполнения выполняются либо на навесных элементах, расположенных на печатной плате, либо в виде гибридных схем, регуляторы с ШИМ могут быть гибридного исполнения или полностью выполненными на монокристалле кремния. Число транзисторов в традиционных схемах невелико, обычно значительно меньше десятка, в регуляторах с ШИМ это число составляет несколько десятков. Последнее стало возможно с развитием электроники, так как в микросхемах, выполненных на монокристалле кремния, стоимость схемы мало зависит от числа транзисторов. Применение же ШИМ позволяет повысить качество стабилизации напряжения и предотвратить влияние на регулятор внешних воздействий.

Современные регуляторы выполняются в основном встроенными в генератор. Тем не менее, отечественная промышленность выпускает целую серию малогабаритных регуляторов напряжения для размещения вне генератора. Эти регуляторы выполняются в идентичных корпусах, по практически одинаковой схеме, на унифицированной крепежной панели с набором отверстий, позволяющих устанавливать регуляторы на разные модели автомобилей. Регуляторы предназначены для замены ранее выпускавшихся реле-регуляторов, контактно-транзисторных регуляторов и устаревших транзисторных регуляторов, кроме регулятора 13.3702-01 автомобилей «Волга» ГАЗ-31029 и «Газель» ГАЗ-33021, схема которого представлена на рис. 3.17. Измерительным элементом этого регулятора является делитель напряжения на резисторах R1, R3, R4, причем резистор R1 лодбирается при настройке. Элементом сравнения представлен стабилитрон VD1, причем стабилитрон, в отличие от схемы на рис. 3.4, включен в эмиттерную цепь транзистора VT1, что увеличивает величину тока через стабилитрон и, следовательно, точность поддержания стабильности напряжения.

Часть схемы на транзисторах VT1, VT4 является регулирующим органом. Транзисторы VT3, VT4 – включены по схеме составного транзистора (схема Дарлингтона).

Схема работает следующим образом: при открытом транзисторе VT1 открыт и транзистор VT2, так как его базовый ток протекает через переход эмиттер – коллектор VT1. В то же время закрыт составной транзистор VT3, VT4, поскольку его переход эмиттер–база зашунтирован переходом эмиттер–коллектор транзистора VT2. Если транзистор VT1 закрыт, что бывает при напряжении ниже напряжения настройки регулятора (ток через стабилитрон VD1 не протекает), то закрыт и транзистор VT2 и открыт составной транзистор VT3, VT4.

В схеме регулятора имеется резистор жесткой обратной связи R2. Переход составного транзистора VT3, VT4 в открытое состояние подключает резистор R2 параллельно резистору R4 входного делителя напряжения, что приводит к скачкообразному повышению напряжения на стабилитроне VD1, ускоренному отпиранию транзисторов VT1, VT2 и запиранию транзисторов VT3, VT4. Запирание этих транзисторов отключает резистор R2 от резистора R4, что способствует скачкообразному уменьшению напряжения на стабилитроне VD1 и его ускоренному запиранию. Таким образом, резистор R2 повышает частоту переключения регулятора напряжения.

Конденсатор C1 осуществляет фильтрацию колебаний входного напряжения и исключает их влияние на работу регулятора напряжения.

Транзистор VT5 выполняет в схеме две функции. При нормальном режиме работы он обеспечивает форсированный переход транзисторов VT2 – VT4 регулятора из закрытого состояния в открытое и обратно, чем снижает потери в них при переключении, т.е. вместе с конденсатором C2 и резистором R12 осуществляет гибкую обратную связь в регуляторе.

Запирание составного транзистора VT3, VT4 вызывает резкое понижение потенциала его коллектора. При этом по цепи: переход эмиттер–база транзистора

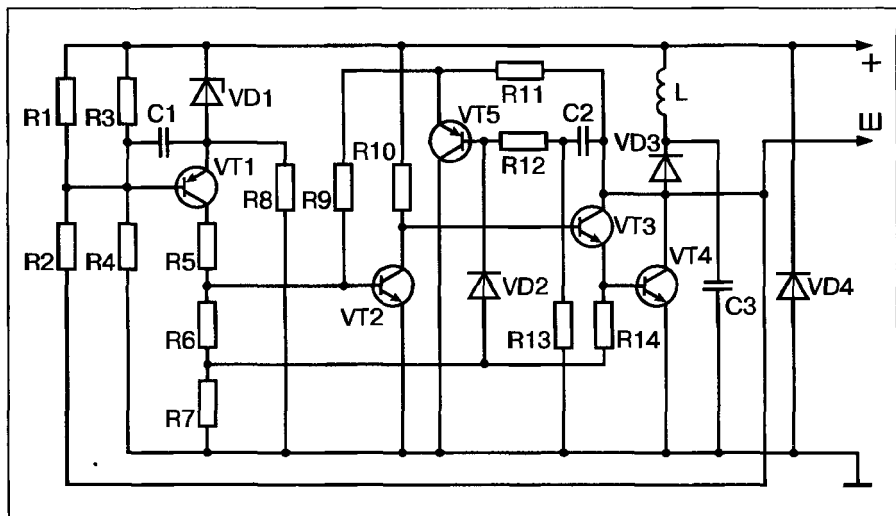


Рис. 3.17. Схема регулятора напряжения 13.3702-01

VT5, резистор R12, конденсатор C2 начинает протекать ток, что приводит к отпиранию транзистора VT5 и обеспечивает в результате форсированное отпирание транзистора VT2 и ускорение запираания составного транзистора VT3, VT4. При отпирании транзистора VT3, VT4 транзистор VT5 находится в закрытом состоянии и конденсатор C2, разряжаясь, форсирует запираение VT2 и сокращает время отпирания составного транзистора VT3, VT4.

В аварийном режиме схема на транзисторе VT5 осуществляет защиту выходного транзистора регулятора VT3, VT4 от перегрузки. Замыкание в цепи обмотки возбуждения генератора вызывает изменение потенциала коллектора транзистора VT4. Зарядный ток конденсатора C2 открывает VT5 и, следовательно, транзистор VT2. При этом транзистор VT3, VT4 запирается.

После заряда конденсатора ток в его цепи пропадает, VT5 закрывается, закрывается VT2, открывается VT3, VT4. Процесс повторяется, а выходной транзистор переходит в автоколебательный режим. При этом среднее значение силы тока через транзистор невелико и не может вывести его из строя. Диод VD3 является в схеме регулятора гасящим диодом. Диод VD4 защищает регулятор от импульсов напряжения обратной полярности. Остальные элементы схемы обеспечивают нужный режим работы полупроводниковых элементов схемы.

Регулятор напряжения 131.3702 автомобилей ГАЗ-3307 имеет дублированный вывод Ш и дополнительный вывод «+» для создания второго уровня регулируемого напряжения, регулятор 121.3701 в малогабаритном исполнении имеет аналогичную схему, измененную, однако, таким образом, что он может работать с генератором по схеме рис. 3.6, а, т.е. имеющим обмотку возбуждения, соединенную с «массой». Регулятор 201.3702, призванный заменить устаревшие регуляторы PP350, PP350A; 2012.3702, заменивший PP350Б; 22.3702, заменивший PP362 и 221.3702, заменивший PP362A, имеют идентичное схемное исполнение.

Регулятор напряжения 4202.3702 автомобиля ЗИЛ-5301 «Бычок» (рис. 3.18) снабжен автоматической системой изменения уровня напряжения в зависимости от температуры электролита аккумуляторной батареи. Терморезистор, помещенный в электролит, включен параллельно одному из плеч входного делителя напряжения. Изменение сопротивления терморезистора из-за изменения температуры охлаждающей жидкости и перестраивает регулятор.

Интегральные регуляторы напряжения встраиваются в генератор, они неразборны и ремонту не подлежат. На рис. 3.19 представлены схемы регуляторов Я112А1, Я112В1 и Я120М1. Они выполнены по гибридной технологии на керамической подложке с нанесением на нее толстопленочных резисторов, распайкой переходов выходного транзистора, гасящего диода и навеской микросхемы, состоящей из стабилизатора и входного транзистора. Схемы регуляторов достаточно просты.

Базовым является регулятор напряжения Я112А1. Регулятор Я112В1 отличается тем, что для работы в схеме рис. 3.6, в, в нем добавлен выход «Б», к которому напряжение подводится через выключатель зажигания. При неработающем двигателе на выходе «Б» нет напряжения, ток в базовой цепи транзистора VT2 не протекает, он закрыт, не пропускает ток от аккумуляторной батареи на обмотку возбуждения.

Регулятор Я120М1 также имеет дополнительный вывод Д, т.к. он работает в

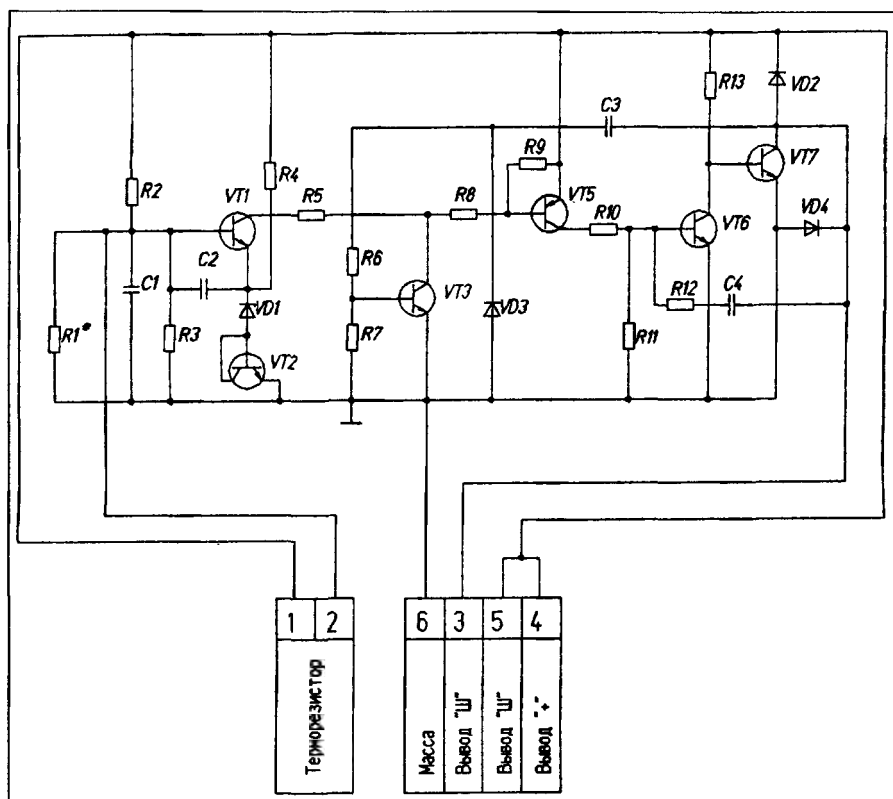


Рис. 3.18. Схема регулятора напряжения 4202.3702

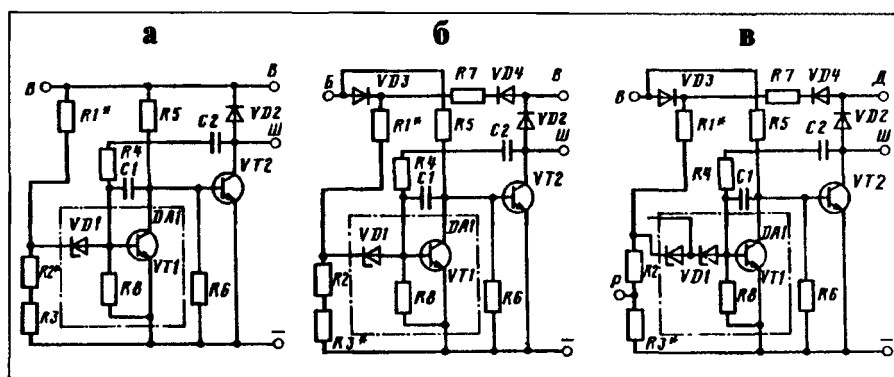


Рис. 3.19. Схемы интегральных регуляторов напряжения:

а – Я112А1; б – Я112В1; в – Я120М1



схеме по рис. 3.6, е, а также вывод Р для подключения переключателя сезонной регулировки. Схема регулятора напряжения 17.3702, в который встраивается щеточный узел генератора 37.3701 автомобилей ВАЗ, приведена на рис. 3.20. Регулятор предназначен для работы в схеме рис. 3.6, д, и также имеет дополнительный вывод. Регулятор напряжения 1702.3702 имеет схемную защиту от коротких замыканий в обмотке возбуждения генератора.

Примером регулятора напряжения с ШИМ является регулятор Я212А11Е. Регулятор аналогичен регулятору FL14U4С фирмы Bosch. Он изготавливается по гибридной технологии в металlostеклянном корпусе, схожем по конфигурации с корпусом мощного транзистора. Схема регулятора представлена на рис. 3.21.

Основу регулятора составляет микросхема, выполненная на кристалле кремния. Схема содержит входной делитель А1, параметрический стабилизатор напряжения А2, усилитель-интегратор А3, источник опорного напряжения А5, бистабильный триггер А6 и выходной усилитель А7. Вне микросхемы в регуляторе располагаются балластное сопротивление параметрического стабилизатора источника питания микросхемы и токоограничивающее сопротивление R2, а также выходной транзистор VT1 и гасящий диод VD1.

Питание элементов микросхемы стабилизируется, а эталонное опорное напряжение создается источником А5.

Регулятор работает следующим образом – напряжение генератора через входной делитель А1 подается на неинвертирующий вход усилителя-интегратора А3, где сравнивается с опорным напряжением. Если напряжение генератора равно номинальному уровню, то схема выдает через бистабильный триггер А6 и выходной усилитель А7 сигнал на переключения выходного транзистора с равенством времен нахождения его в открытом и закрытом состояниях. Чем больше отклонение напряжения генератора от номинального уровня в ту или другую сторону, тем больше или меньше время заряда-разряда конденсатора интегратора. Напряжение на конденсаторе фиксируется бистабильным триггером А6, заставляющим через выходной усилитель А7 выходной транзи-

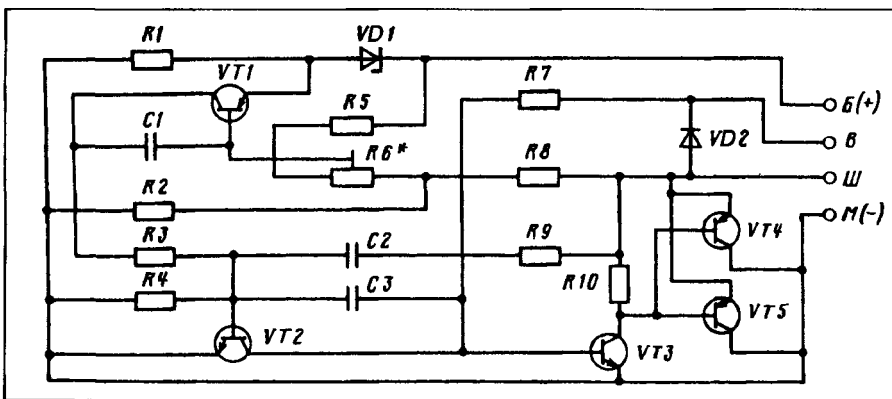


Рис. 3.20. Схема регулятора напряжения 17.3702

стор VT1 длительно находится в открытом или закрытом состояниях. Через компаратор обратной связи A4 на инвертирующий вход A3 подается добавочное напряжение.

Таким образом, регулятор осуществляет коммутацию в цепи обмотки возбуждения с фиксированной частотой, лежащей в пределах 460 Гц – 2,5 кГц (в зависимости от настройки регулятора). Стабилизация же напряжения, как и в традиционной схеме регулятора, происходит за счет изменения относительного времени включения обмотки возбуждения в цепь питания с соответствующим изменением средней величины тока в ней. Применение регуляторов с ШИМ непрерывно расширяется. Некоторые зарубежные фирмы, особенно японские и американские, подводят в такие регуляторы сигнал от вывода фазы генератора, заставляющий при неработающем генераторе сократить относительное время включения транзистора и, следовательно, доводить ток возбуждения до величины, не опасной для разряда батареи. Регулятор, кроме того, управляет и лампой контроля работоспособности генераторной установки. В настоящее время многие отечественные фирмы выпускают аналоги перечисленных выше регуляторов. Например, аналогом Я212А11Е является регулятор 36.3702, выполненный в аналогичном корпусе, регуляторы 412.3702, 444.3702 – это аналоги Я120М1И; 41.3702, 44.3702, 4302.3702 – аналоги Я112А1; 411.3702, 4322.3702 – аналоги Я112В1.

В системах на два уровня напряжения (14/28 В) регулятор поддерживает напряжение только на низком уровне, а высокое напряжение получается с помощью трансформаторно-выпрямительного блока, включаемого по схеме рис. 3.6, г, или электронного преобразователя.

На автомобилях ЗИЛ–4331, ЗИЛ–133ГЯ с генератором 3822.3701, имеющим

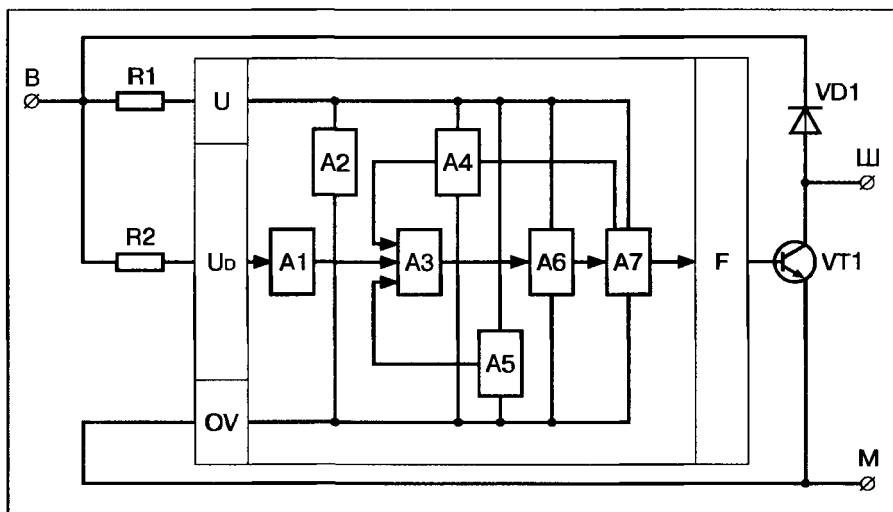


Рис. 3.21. Схема интегрального регулятора напряжения Я212А11Е

выводы всех трех фаз генератора, а также ЗИЛ–53014 «Бычок» с генератором 2022.3771, имеющим такие же выводы, применяется трансформаторно–выпрямительный блок (ТВБ) 1212.3759, рассчитанный на номинальную силу тока 8 А при массе 3,3 кг. ТВБ представляет собой трехфазный трансформатор с коэффициентом трансформации, равным 1 (по 45 витков провода ПЭТВ – 2 диаметром 1,6 мм в каждой обмотке), и мостовой выпрямитель. Соединение обмоток – в «треугольник». Применение двух уровней напряжения позволяет повысить надежность работы ламп, т.к. при напряжении 12 В лампы устойчивей выдерживают динамическое воздействие, и уменьшить габариты пусковой системы.

## **3.8. Техническое обслуживание генераторных установок**

Обслуживание современных генераторных установок сведено к минимуму. Однако их эксплуатация требует соблюдения некоторых правил, связанных с наличием у них полупроводниковых элементов.

1. Не допускается работа генераторной установки с отключенной аккумуляторной батареей. Даже кратковременное отключение аккумуляторной батареи при работающем двигателе автомобиля может привести к выходу регулятора напряжения из строя.

2. Не допускается подсоединение к бортовой сети автомобиля источников электроэнергии обратной полярности («плюс» на «массе»), что может, например, произойти при попытке запуска двигателя от посторонней аккумуляторной батареи.

3. Не допускаются любые проверки в схеме генераторной установки с подключением источников повышенного напряжения.

4. При проведении на автомобиле сварочных работ клемма «масса» сварочного аппарата должна быть соединена со свариваемой деталью. Провода, идущие к генератору и регулятору напряжения, следует отключить.

Периодичность технического обслуживания генераторных установок обусловлена периодичностью технического обслуживания автомобиля. Различают ежедневное техническое обслуживание (ЕО), первое и второе техническое обслуживание (ТО–1, ТО–2) и сезонное техническое обслуживание (СТО). Срок проведения каждого технического обслуживания зависит от условий эксплуатации автомобиля, которые подразделяются на пять категорий. Наиболее комфортные условия эксплуатации соответствуют 1 категории эксплуатации (в основном, эксплуатация по дорогам с асфальтобетонным и цементобетонным покрытием вне города); наиболее тяжелые – 5 категории (эксплуатация на естественных грунтовых дорогах, отвалных дорогах и т.п.). Периодичность ТО–1 и ТО–2 применительно к 1 категории эксплуатации составляет в среднем у легковых автомобилей соответственно 4000 км и 16000 км, грузовых автомобилей 3000 и 12000 км.

Сезонное техническое обслуживание проводится два раза в год при подготовке автомобилей к эксплуатации в зимнее и летнее время. При ежедневном обслуживании перед выездом следует проверять, обеспечивает ли генератор–

ная установка заряд аккумуляторной батареи при работающем двигателе.

При нормальной работе генераторной установки при повышении частоты вращения коленчатого вала двигателя амперметр на щитке приборов должен показывать заряд аккумуляторной батареи, вольтметр — напряжение 13–15 В (стрелка вольтметра находится в зеленой зоне), лампа контроля заряда аккумуляторной батареи должна погаснуть. Такую проверку, а также проверку усилия натяжного приводного ремня генератора следует проводить при каждом ТО–1. Прогиб нормально натянутого ремня при нажатии на середину наибольшей ветви динамометром должен составлять при усилии 4 кгс (40 Н) у автомобилей КамАЗ – 15–22 мм, ЗИЛ – 8–14 мм, ГАЗ–31029, ГАЗ–33021 – 8–10 мм, «Москвич» – 7–9 мм, ГАЗ–66–001 – 10–15 мм, при 10 кгс (100 Н) у моделей ВАЗ – 10–15 мм. Слабо натянутый ремень проскальзывает при передаче вращающего момента от двигателя к генератору, при этом наблюдается усиленный износ ремня и приводных шкивов, генератор не берет на себя нагрузку. Чрезмерное натяжение ремня сокращает срок службы подшипников генератора. Помимо всех этих операций, при ТО–2 следует очистить наружные поверхности генераторов и регуляторов напряжения от пыли и грязи и проверить крепление проводов на их выводах, подтянуть при необходимости гайку крепления шкива и стяжные шпильки, а также проверить надежность крепления генератора на двигателе. При установке зазор между кронштейном двигателя и посадочными плоскостями лап генератора не допускается. Болты крепления должны быть надежно затянуты и предохранены от самоотворачивания. После первых 50–60 тыс. км пробега автомобиля, а в дальнейшем через одно ТО–2, проверяется высота щеток, а также состояние контактных колец и подшипников. Для этого генератор снимают с двигателя, отворачивают винты крепления щеткодержателя, вынимают щеткодержатель из генератора, проверяют легкость перемещения щеток в щеткодержателе. Затем щетки извлекают из щеткодержателя и замеряют их высоту. Там, где доступ к генератору это позволяет, например, на автомобиле «Москвич»–2140, снятие щеткодержателя можно производить без снятия генератора с двигателя. Щетки первоначального размера 6,5х6х13 мм, износившиеся до высоты 8 мм, и размера 5х8х18 мм, в свободном состоянии выступающие из щеткодержателя менее чем на 5 мм, подлежат замене. В случае заедания щетки в щеткодержателе при ее перемещении отверстие щеткодержателя следует протереть ветошью, смоченной в неэтилированном бензине. Если поверхность контактных колец содержит следы масла и грязи, их также следует протереть аналогичным образом. При окислении контактных колец из-за длительного хранения или перерыва в работе их зачищают мелкой шкуркой. Кольца, износ которых превышает 0,5 мм, протачивают. Состояние подшипников проверяют, вращая вал генератора от руки при снятых щетках. При нормальном состоянии подшипников вращение вала должно происходить плавно, без заеданий, шумов и щелчков.

Сезонное техническое обслуживание сводится в основном к переводу переключателя посезонной регулировки напряжения там, где он есть, например, на генераторе Г273В автомобилей КамАЗ весной – в летнее положение (положение «Л»), осенью – в зимнее (положение «З»). Этот перевод генератора Г273 производят отверткой, вставляемой в шлиц переключателя.

### 3.9. Характерные неисправности генераторных установок и методы их обнаружения

Генераторная установка исправна, если она обеспечивает заряд аккумуляторной батареи, развивает напряжение, достаточное для питания и не опасное для потребителей, и работает без шума. Современные генераторные установки являются высоконадежными агрегатами, и часто за их отказ принимают отсутствие контакта или короткое замыкание в проводке автомобиля, срабатывание предохранителя, отказ амперметра и т.п.

Некачественное соединение между выводами генератора и регулятора напряжения приводит к изменению выходного напряжения системы электроснабжения. В частности, повышенное сопротивление на участке между выводами «масса» генератора и регулятора (у автомобилей ВАЗ оно не должно превышать 0,01 Ом) вызывает перезаряд аккумуляторной батареи из-за роста напряжения генераторной установки. На автомобилях ВАЗ с генератором Г221А и регулятором напряжения 121.3702 повышенное сопротивление участков цепи между генератором и регулятором вызывает мигание лампы контроля заряда на щитке приборов при работе двигателя на малых оборотах. Повышенное сопротивление может возникнуть из-за ослабления пружины держателя предохранителя в цепи регулятора напряжения, плохого контакта в выключателе зажигания или в штекерных соединениях, нарушения соединения регулятора с «массой» автомобиля.

Если амперметр при работающем двигателе автомобиля показывает малую силу тока или вообще на нуле, это еще не значит, что генераторная установка неисправна – аккумуляторная батарея может быть просто полностью заряжена. В этом случае нужно следить за показаниями амперметра сразу после пуска двигателя. Постепенное уменьшение зарядного тока характеризует исправную генераторную установку.

Характерные неисправности генераторных установок и методы их устранения приведены в табл. 3.6.

Определенную информацию о работоспособности генераторной установки, выполненной по одной из схем (рис. 3.6, а, в, д, ж, з), т.е. снабженной лампой контроля заряда аккумуляторной установки, можно получить по поведению этой лампы. Прежде всего, конечно, следует убедиться, что сама лампа и реле ее включения, а также все соединения схемы, в том числе контакты выключателя зажигания исправны. В этом случае, если лампа не горит при неработающем двигателе при включении выключателя зажигания, причиной в схемах рис. 3.6 а, в может являться замыкание обмотки статора на «массу» или замыкание минусовых диодов. После запуска и выхода двигателя на нормальный режим работы у исправной генераторной установки лампа должна погаснуть. Тем не менее, контрольная лампа не контролирует отказ регулятора напряжения, связанный с незакрыванием выходного транзистора, главным образом с коротким замыканием внутри выходного транзистора регулятора. В этом случае напряжение генераторной установки не регулируется и достигает недопустимо высоких значений, но лампа после запуска гаснет, как и у нормально работающей установки. Наиболее полную и правильную ин-

формацию о работоспособности генераторной установки может дать вольтметр с пределами измерений до 15–30 В (для генераторных установок дизелей с номинальным напряжением 28 В предел измерений вольтметра должен быть выше). При полностью заряженной аккумуляторной батарее, включенных фарах дальнего света и средних частотах вращения коленчатого вала двигателя напряжение генераторной установки между выводом «+» (вывод «30» у генераторов автомобилей ВАЗ) и «массой» должно быть в пределах 13–15 В (26–30 В у системы на напряжение 28 В). Более точные цифры приведены в табл. 3.3. Низкое напряжение может быть вызвано отказом как генератора, так и регулятора, высокое – только отказом регулятора или повышенным падением напряжения в цепи включения регулятора в бортовую сеть. Причиной низкого напряжения может быть слабое натяжение приводного ремня, которое следует проверить. Соответствие генераторных установок предъявляемым к ним техническим требованиям и их исправность можно проверить на стенде, сняв генераторную установку с двигателя и собрав схемы рис. 3.22 (а – для генератора со встроенным регулятором, б – с вынесенным). При проверке генераторов и регуляторов напряжения их параметры должны соответствовать данным табл. 3.1 и 3.3.

У генераторных установок, работающих по схеме рис. 3.6, д, ж, между выводами основного и дополнительного выпрямителя должны быть включены контрольная лампа 12 В – 1,2 Вт и подпиточный резистор, как показано на рис. 3.22, а. Для генератора 37.3701 подпиточный резистор имеет сопротивление 50 Ом, при испытании генератора Г222 переключаются его выводы «15» и «30», как показано пунктиром на рис. 3.22, а.

Конечно, в эти схемы могут быть внесены некоторые изменения в соответствии со схемами генераторной установки по рис. 3.6.

Исправность регулятора напряжения можно проверить и отдельно от генератора по схемам рис. 3.23. В качестве источника напряжения ИП можно использовать любой источник, у которого постоянное напряжение изменяется в пределах 12–16 В (у системы на номинальное напряжение 28 В – вдвое больше). Можно использовать и две аккумуляторные батареи – одну напряжением 12–12,5 В и последовательно с ней включенные две аккумуляторные банки другой батареи на общее напряжение 15–16 В. Контрольную лампу HL мощностью не более 6 Вт включают так же, как обмотку возбуждения генератора, с которым работает регулятор напряжения: либо между выводами «Ш» (67) и «+» (В), как показано на рис. 3.23, а, либо между выводом «Ш» и «массой» (рис. 3.23, б). У регулятора 17.3702 (генератор 37.370) контрольная лампа включается между щетками встроенного в него щеткодержателя (рис. 3.23, в). По поведению лампы в зависимости от подводимого напряжения оценивается исправность регулятора (табл. 3.7). При проверке интегрального регулятора Я112В его выводы «Б» и «В» должны быть соединены перемычкой.

Для проверки элементов, из которых набирается схема регулятора напряжения – диодов, транзисторов, стабилитронов, резисторов и конденсаторов, следует их сначала отсоединить от схемы, отпаяв в месте их установки от печатной платы. Производить эти операции с полупроводниками следует осторожно, чтобы не вывести их из строя высокой температурой, рекомендуется при от-

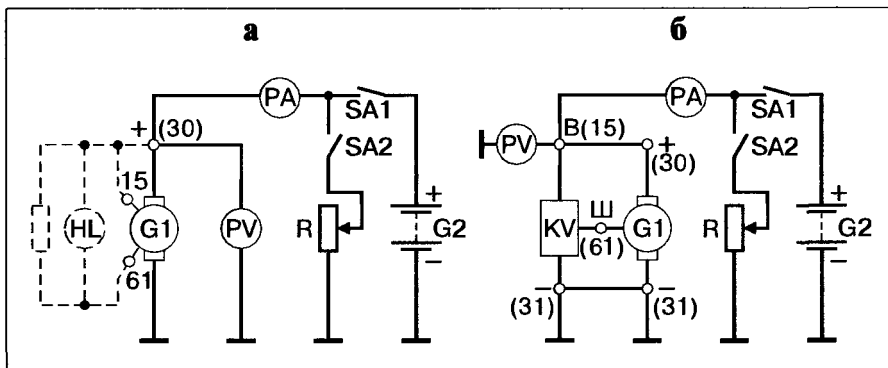


Рис. 3.22. Схемы проверки генераторных установок на стенде:

а – со встроенным регулятором напряжения; б – с вынесенным регулятором напряжения

пайке придерживать ножку полупроводника пинцетом. Неисправный резистор часто можно определить по следам почернения на корпусе. Проверку резистора производят измерением величины его сопротивления омметром. Конденсаторы проверяют омметром, включенным на шкалу МОм. У исправного конденсатора в момент подключения омметра к выводам должно происходить отклонение стрелки в сторону уменьшения сопротивления.

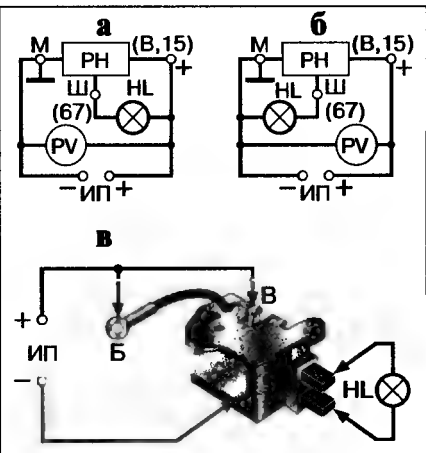


Рис. 3.23. Схемы проверки регуляторов напряжения:

а – обмотка возбуждения включена между выводами Ш и «+»; б – обмотка возбуждения включена между Ш и «-»; в – регулятор 17.3702 в сборе с щеткодержателем

Затем стрелка возвращается обратно. Таким образом проверяется и помехоподавительный конденсатор 2,2 мкФ, устанавливаемый на некоторые типы генераторов.

Полупроводниковые диоды и стабилитроны также проверяются омметром. При этом концы омметра подсоединяются к их выводам. Если при пересоединении концов резко меняется показание прибора, то диод исправен. Проверка транзисторов аналогична проверке исправности диодов, т.к. их переходы эмиттер – база и коллектор – база имеют характеристики полупроводникового диода, т.е. пропускают ток только в одном направлении.

При проверке переходов эмиттер – база и коллектор – база измерительные концы омметра подсоединяются к соответствующим выводам транзистора, а затем меняются местами. Если после пересоединения концов показание

**Таблица 3.6. Неисправности генераторных установок и способы их устранения**

| Причина неисправности                                                                                                                                  | Способ устранения                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Генераторная установка не обеспечивает заряд аккумуляторной батареи</b>                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Окисление выводов аккумуляторной батареи<br>Отказ аккумуляторной батареи<br>Нарушение проводки между элементами генераторной установки и потребителями | Зачистить и смазать выводы<br>Заменить аккумуляторную батарею<br>Проверить провода, подтянуть болтовые соединения, проверить надежность штекерных соединений                                                                                                                     |
| Срабатывание предохранителя в цепи регулятора напряжения                                                                                               | Установить и устранить причину срабатывания. Предохранитель заменить                                                                                                                                                                                                             |
| Слабое натяжение приводного ремня                                                                                                                      | Подтянуть ремень                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Неисправность генератора                                                                                                                               | При кратковременном замыкании выводов Ш и «+» регулятора напряжения генераторных установок по схеме рис. 3.6 а, з, (Ш и «-» по схемам 3.6 б, в, г, д, е) амперметр не показывает резкого скачка силы зарядного тока, а вольтметр – напряжения. Генератор снять и отремонтировать |
| Неисправность регулятора напряжения                                                                                                                    | Если при выполнении операций предыдущего пункта наблюдается резкий скачок силы зарядного тока и напряжения – регулятор неисправен, его следует заменить или отремонтировать                                                                                                      |
| <b>Работа генераторной установки вызывает перезаряд аккумуляторной батареи</b>                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Отказ элементов транзисторного регулятора напряжения                                                                                                   | Регулятор отправить в ремонт или заменить                                                                                                                                                                                                                                        |
| Повышенное падение напряжения в контактных соединениях цепи между регулятором напряжения и бортовой сетью                                              | Проверить и при необходимости зачистить, подтянуть или заменить контактные соединения в выключателе зажигания, предохранителях, штекерных и винтовых соединениях этой цепи, в том числе соединяющих регулятор напряжения с «массой»                                              |

ния омметра резко меняются, переход исправен. В противном случае транзистор следует заменить. Как правило, в регуляторах напряжения выходят из строя выходные транзисторы.

Более полная диагностика генератора может быть произведена только после его разборки.

Прежде всего, нужно снять с генератора регулятор, который в большинстве



**Таблица 3.7. Определение исправности регулятора**

| Напряжение ИП, В | Регулятор исправен | Регулятор неисправен |   |
|------------------|--------------------|----------------------|---|
| 12...12,5        | Х                  | О                    | Х |
| 15...16          | О                  | О                    | Х |

Х – лампа горит; О – лампа не горит

случаев образует с щеткодержателем единый блок. У большинства типов отечественных генераторов этот блок можно снять, отвернув два винта, крепящие кожух регулятора к крышке генератора. У генератора 37.3701 для снятия регулятора напряжения следует отвернуть два винта, крепящие одновременно металлическую пластину – теплоотвод регулятора и щеткодержатель к крышке генератора, а затем вынуть регулятор, оставив щеткодержатель на месте. Для этого между металлической пластиной регулятора и пластмассовым крепежным ушком щеткодержателя рекомендуется вставить отвертку. У генераторов компактной конструкции прежде всего следует снять пластмассовый защитный кожух, закрепленный на задней крышке. Регулятор напряжения, выполненный в металлоглазном корпусе, снимается вместе с щеткодержателем. Щетки вместе с контактными пластинами извлекаются из щеткодержателя вместе с регулятором. Дальнейшая разборка генератора производится снятием гаек со стяжных болтов или выворачиванием этих болтов, если они ввернуты прямо в крышку. После этого статор вместе с крышкой со стороны контактных колец легко отделяется от крышки со стороны привода и ротора. Исправность катушки возбуждения проверяют омметром, подсоединенным к контактным кольцам.

Величины сопротивления обмоток должны соответствовать табл. 3.4 (обычно 3–5 Ом или 2–3 Ом в зависимости от того, на какой максимальный ток рассчитан регулятор напряжения). Малое сопротивление говорит о наличии межвиткового замыкания, большое – об обрыве обмотки, вызванном проворотом каркаса относительно полюсных половин или отпайкой концов обмотки от контактных колец, что можно обнаружить визуально. Омметром можно проверить обмотку и на наличие замыкания на стальные части ротора.

Диагностика обмотки статора требует специальной аппаратуры. Визуально изоляция провода не должна иметь следов подгорания и осыпания.

### **3.10. Замена типа генераторной установки на автомобиле**

Вопрос такой замены возникает, например, при необходимости заменить генераторную установку импортного производства на отечественную. Прежде всего следует подбирать генераторную установку, выполненную на то же номинальное напряжение, что и заменяемая.

Замена возможна, если генераторы имеют одинаковые токоскоростные характеристики или у заменяющего генератора она лучше (больше номинальный ток,

**Таблица 3.8. Значения коэффициента  $K_f$  для различных потребителей**

| Потребитель | Вентилятор отопителя | Обогрев стекла | Стеклоочиститель | Электроохлажден. двигателя | Сигнал торможения | Сигнал поворота | Противотуманные фары |
|-------------|----------------------|----------------|------------------|----------------------------|-------------------|-----------------|----------------------|
| $K_f$       | 0,5                  | 0,5            | 0,25             | 0,1                        | 0,1               | 0,1             | 0,1                  |

ниже частота вращения при  $I_r=0$ ), передаточное число от двигателя к генератору примерно одинаковое, габаритные и присоединительные размеры генератора позволяют установить его на двигатель.

Если замена вызвана неудовлетворительным зарядным балансом на автомобиле, связанным, например, с увеличением числа потребителей, то можно ориентироваться на рекомендации фирмы Bosch или отечественные.

По обоим рекомендациям генератор подбирается на основе суммарного тока потребителей, причем при суммировании учитывается относительное время работы. Ток потребителей умножается на коэффициент времени их работы  $K_f$ . Если потребитель работает все время движения,  $K_f=1$ . Для потребителей, включаемых кратковременно, фирма Bosch рекомендует величины  $K_f$ , приведенные в табл. 3.8.

К потребителям, постоянно включенным при езде ночью по городу относят: систему зажигания, топливный насос, систему электронного впрыска, радиоприемник, фары ближнего света, габаритные огни, фонарь освещения номерного знака и освещение приборов.

Первоначально определяется суммарная сила потребляемого тока постоянно включенными потребителями при езде ночью по городу  $I_{пн}$ , сила тока от кратковременно включенных потребителей  $I_{пк}$ . Суммарная сила тока  $I_n$  потребителей определяется сложением  $I_{пн}$  и  $I_{пк}$ .

По величине  $I_n$  фирма рекомендует выбирать генератор с номинальным током, указанным в табл. 3.9.

После выбора генератора нужно проверить, обеспечивает ли он на частоте вращения холостого хода коленчатого вала нужную силу тока. Она должна быть не менее  $1,3 I_{пн}$ . Следует проверить также, не превысит ли максимальная частота вращения ротора генератора допустимую величину. По отечественным рекомендациям сначала определяется суммарная сила тока всех потребителей  $I_n$ , с учетом времени их работы, в режиме движения ночью зимой по шоссе.

**Таблица 3.9. Подбор генератора по току потребителей**

| $I_n$ при 14В, А              | Менее 18 | 18 – 25 | 25 – 32 | 32 – 39 | 39 – 48 | 48 – 57 | 57 – 68 |
|-------------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Номинальный ток генератора, А | 28       | 35      | 45      | 55      | 65      | 75      | 90      |

При этом постоянно включенными с коэффициентом  $K_f=1$  принимаются: фары дальнего света, габаритные огни, фонарь освещения номерного знака; освещение приборов и потребление ими тока, в том числе потребление маршрутным компьютером; системы зажигания, впрыска топлива и топливоподачи; электрическая блокировка замков; управление подвеской; система отопления.

Кратковременно включенные потребители имеют коэффициент  $K_f$  равный: стеклоочиститель ветрового стекла – 0,25; заднего стекла – 0,15; противотуманные фары – 0,3; противотуманные фонари – 0,5; сигнал торможения – 0,5; сигнал поворота – 0,1; очистители фар – 0,1; антиблокировочная система тормозов – 0,6; радиоприемник – 0,7. Номинальный ток генератора должен быть не менее  $1,25 - 1,35 I_n$  (на легковых автомобилях). После этого следует проверить, может ли генератор обеспечить должный уровень питания электропотребителей на холостом ходу двигателя, желательна токоскоростная характеристика генератора (см. рис. 3.7).

## Электростартеры

### 4.1. Пусковые качества автомобильных двигателей

Возможность осуществления надежного пуска двигателя зависит от многих конструктивных и эксплуатационных факторов, к которым относят степень сжатия, рабочий объем, число и схему расположения цилиндров, тепловое состояние деталей двигателя, регулировочные параметры системы зажигания (для бензиновых двигателей) и топливной аппаратуры, низкотемпературные свойства топлива, вязкостно-температурные характеристики моторного масла, мощность и энергоемкость системы пуска, наличие и эффективность вспомогательных пусковых устройств и т.д.

Поршневые двигатели внутреннего сгорания начинают работать устойчиво при относительно высокой частоте вращения коленчатого вала. Пусковое устройство должно вращать коленчатый вал с частотой, достаточной для начала и развития процессов образования, воспламенения и сгорания топливо-воздушной смеси и способствовать выходу двигателя на устойчивый режим самостоятельной работы. Характер протекания пусковых процессов и требования к пусковой частоте вращения коленчатого вала различны для бензиновых двигателей и дизелей.

Пусковая частота вращения коленчатого вала бензинового двигателя должна быть достаточной для подготовки топливо-воздушной смеси, способной воспламениться от электрической искры. При пуске холодного бензинового двигателя из-за низкой температуры топлива, стенок впускного трубопровода, и малой скорости перемещения в нем воздушного потока в смесеобразовании участвуют только легкоиспаряющиеся фракции бензина, поэтому пусковые качества бензина оценивают по температуре выкипания 10% фракций. Для подготовки смеси, находящейся в пределах воспламеняемости, при пуске увеличивают подачу топлива за счет оптимальной для пуска регулировки топливной аппаратуры.

С уменьшением пусковой частоты вращения коленчатого вала становится более продолжительным процесс сжатия, увеличивается теплопередача в холодные стенки цилиндра и пропуск газов через неплотности в поршневых кольцах и клапанах. Давление и температура в конце сжатия уменьшаются, что ухудшает условия воспламенения смеси и распространения пламени. Уменьшение массы смеси из-за отсутствия дозарядки цилиндров за счет инерции воздушного потока при запаздывании закрытия впускного клапана снижает количество выделяемой при сгорании теплоты и индикаторную мощность, развиваемую двигателем при пуске.

Ухудшение условий смесеобразования при пуске приводит к необходимости увеличения энергии электрической искры. Для пусковых режимов подбирается наиболее выгодный угол опережения зажигания.

В дизелях топливо-воздушная смесь образуется непосредственно в цилиндре

рах после подачи топлива форсункой. Воспламенение смеси происходит под действием высокой температуры в камере сгорания. Вследствие малой продолжительности процесса смесеобразования и отсутствия принудительного зажигания топливо-воздушной смеси пуск дизелей осуществить сложнее.

Пуск дизелей улучшается с увеличением цетанового числа топлива, по которому оценивают его способность к воспламенению. При низких температурах большую роль играет испаряемость дизельного топлива. Пусковые свойства дизельного топлива оценивают по температуре выкипания 50% фракций или по количеству фракций, выкипающих до температуры 300°C.

Температура в цилиндре в момент подачи топлива должна превышать температуру самовоспламенения топлива, чтобы период задержки воспламенения был меньше времени, отводимого при пуске на образование смеси и развитие предпламенных реакций. При пусковых частотах в режиме электростартерного пуска с большой неравномерностью вращения коленчатого вала резко увеличивается продолжительность процессов сжатия, что вызывает соответствующий рост утечек тепла и рабочего заряда и снижение температуры и давления в цилиндрах в конце такта сжатия.

Достаточные для воспламенения топливо-воздушной смеси давление и температура в цилиндрах дизелей достигаются благодаря большей, чем у бензиновых двигателей, степени сжатия и увеличенной частоте вращения коленчатого вала пусковым устройством.

Надежность пуска дизеля повышается за счет надлежащего подбора диаметра и числа сопловых отверстий распылителя форсунки, правильной ориентации распылителя в камере сгорания, увеличения давления впрыскивания и количества подаваемого топлива, а также подбора наилучшего для пуска угла опережения подачи топлива.

При пуске двигателя пусковое устройство преодолевает сопротивление вращению коленчатого вала. Момент сопротивления  $M_c$  (рис. 4.1) складывается в основном из момента сил трения в кинематических парах двигателя и момента газовых сил, обусловленного разностью работ сжатия и расширения в цилиндрах двигателя. Момент сопротивления зависит от температуры  $T$ , средней частоты  $n$  и неравномерности вращения коленчатого вала, числа, схемы расположе-

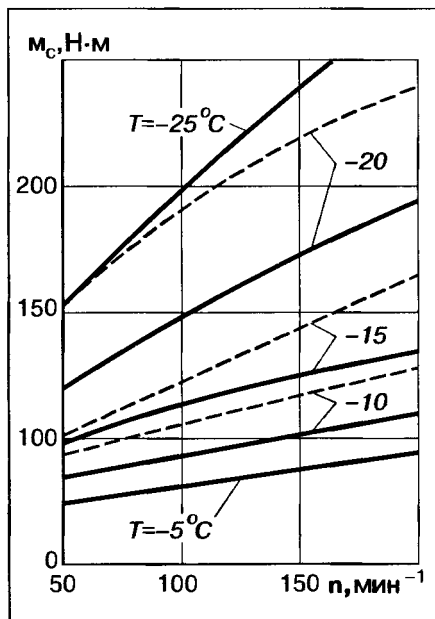


Рис. 4.1. Зависимость момента сопротивления от частоты вращения коленчатого вала при пуске бензинового двигателя ЗМЗ-53:

----- масло МБ3/10Г; ———— масло МБ2

ния и рабочего объема цилиндров, а также от размеров трущихся поверхностей двигателя.

Пусковые качества автомобильных двигателей оценивают по минимальной пусковой частоте вращения коленчатого вала  $n_{\min}$  и среднему давлению трения  $p_T$ . Минимальная пусковая частота вращения – это наименьшая частота вращения коленчатого вала, при которой пуск двигателя в заданных условиях происходит за две попытки пуска продолжительностью по 10 с для бензиновых двигателей и по 15 с для дизелей с перерывами между попытками в 1 мин.

Минимальные пусковые частоты определяются по зависимости времени пуска  $t_p$  от средней частоты вращения  $n$  коленчатого вала (рис. 4.2). Требуемые пусковые частоты для автомобильных бензиновых двигателей – 40–85 мин<sup>-1</sup>, а для дизелей – 50–200 мин<sup>-1</sup>. Минимальные пусковые частоты увеличиваются с понижением температуры, увеличением вязкости масла и заметно снижаются при увеличении числа цилиндров двигателя и использовании устройств для облегчения пуска.

Среднее давление трения представляет собой условную удельную величину, характеризующую сопротивление вращению коленчатого вала двигателя, укомплектованного всеми штатными навесными агрегатами:

$$p_T = 12,57 \frac{M_c}{V_h}$$

где:  $p_T$  – среднее давление трения, Па;

$M_c$  – средний момент сопротивления, Н·м;

$V_h$  – рабочий объем двигателя, м<sup>3</sup>.

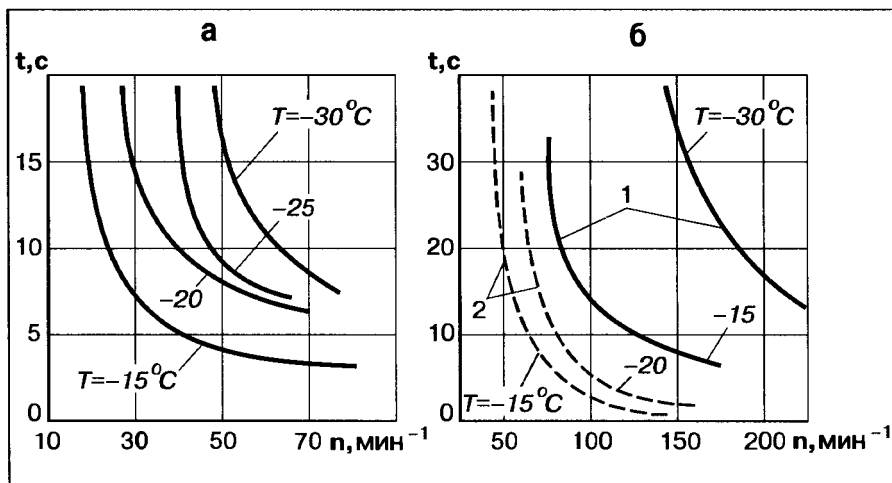


Рис. 4.2. Пусковые характеристики двигателей:

а – бензиновый двигатель ВА3–2106 (масло М6з/10Г<sub>1</sub>); б – дизель КамАЗ–740 (масло М4з/8В<sub>2</sub>);

1 – без средств облегчения пуска; 2 – с электрофакельным устройством

**Таблица 4.1. Предельные температуры надежного пуска холодных двигателей и время их подготовки к принятию нагрузки**

| Тип двигателя и предельная температура, °С                                        | Моторное масло, его вязкость, сСт | Топливо             | Время подготовки двигателя к принятию нагрузки, мин, не более |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------|
| Карбюраторный:                                                                    |                                   |                     |                                                               |
| +45                                                                               | Летнее                            | Бензин летний       | 3                                                             |
| -20                                                                               | 5000                              | « зимний            | 8                                                             |
| -30                                                                               | 5000                              | « «                 | 10                                                            |
| Дизель с камерой сгорания в поршне:                                               |                                   |                     |                                                               |
| -12                                                                               | 4000                              | Дизельное марки «З» | 8                                                             |
| -30*                                                                              | 6000                              | То же               | 10                                                            |
| Дизель с камерой сгорания в поршне и турбонаддувом при степени сжатия не ниже 15: |                                   |                     |                                                               |
| -20                                                                               | 4000                              | Дизельное марки «З» | 8                                                             |
| -25*                                                                              | 6000                              | То же               | 10                                                            |
| Дизель с разделенной камерой сгорания при степени сжатия не ниже 21:              |                                   |                     |                                                               |
| -20 *                                                                             | 5000                              | То же               | 10                                                            |

\* – пуск двигателей с применением устройств облегчения пуска.

По минимальной пусковой частоте вращения  $n_{\min}$  и соответствующему ей моменту сопротивления  $M_c$  определяют требуемую пусковую мощность.

Пусковые качества двигателей на автомобилях оценивают по предельной температуре надежного пуска и времени подготовки двигателя к принятию нагрузки (табл. 4.1 и 4.2).

Предельная температура надежного пуска – наиболее низкая температура окружающего воздуха, при которой осуществляется надежный пуск холодного двигателя. Под надежным пуском понимается пуск двигателя, оборудованного всеми навесными агрегатами, на основном топливе, при использовании штатных аккумуляторных батарей, имеющих 75%–ю степень заряженности, не более чем за три попытки пуска холодного двигателя и не более чем за две попытки пуска горячего двигателя или после предпускового его подогрева.

Холодный двигатель – двигатель, температура деталей, охлаждающей жидкости, масла и топлива которого отличаются от температуры окружающего воздуха не более чем на 1°С. Горячий двигатель – двигатель, остановленный после работы, при температуре окружающего воздуха до +45°С и температу–

**Таблица 4.2. Предельные температуры надежного пуска холодных двигателей с системой предпускового подогрева и время их подготовки к принятию нагрузки**

| Тип автомобиля                                          | Применяемые эксплуатационные материалы           |                                     |                                  | Предельная температура надежного пуска двигателя, °С | Время подготовки двигателя к принятию нагрузки мин, не более |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                                                         | Моторное масло                                   | Трансмиссионное масло               | Топливо                          |                                                      |                                                              |
| Общего и северного исполнения, многоцелевого назначения | Зимнее класса «8»                                | Зимнее                              | Бензин зимний, дизельное марки А | –45                                                  | 36                                                           |
| Многоцелевого назначения                                | Маловязкое, загущенное, классов 4з/6, 4з/8, 5з/8 | Арктическое, маловязкое, загущенное | Бензин зимний, дизельное марки А | –50*                                                 | 30                                                           |
| Северного исполнения                                    | То же                                            | То же                               | То же                            | –60*                                                 | 45                                                           |

\* – пуск двигателя с применением устройств облегчения пуска.

*ре деталей двигателя, охлаждающей жидкости и масла не ниже рабочей.*

Время подготовки двигателя к принятию нагрузки – это затраты времени на приведение в действие и работу устройства для облегчения пуска холодного двигателя или системы предпускового подогрева, на пуск двигателя и его работу в режиме холостого хода до достижения состояния, обеспечивающего принятие нагрузки. При использовании предпускового подогревателя время подогрева электролита аккумуляторной батареи до температуры не ниже –35°С не учитывается.

Требования к минимальным пусковым частотам вращения коленчатых валов автомобильных двигателей приведены в табл. 4.3. Эти требования могут не регламентироваться при выполнении требований табл. 4.1.

## **4.2. Системы электростартерного пуска**

Тип системы пуска определяет используемая энергия и конструкция основного пускового устройства (стартера). Для пуска автомобильных двигателей используют системы электростартерного пуска. Они надежны в работе, обеспечивают дистанционное управление и возможность автоматизации процесса пуска двигателей с помощью электротехнических устройств.



**Таблица 4.3. Минимальные пусковые частоты вращения коленчатых валов двигателей различных типов**

| Виды пуска двигателя                                                                                 | Темпера-<br>тура, °С | Минимальные пусковые частоты вращения, мин <sup>-1</sup> , при числе цилиндров |     |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------|
|                                                                                                      |                      | 4                                                                              | 6   | 8 и более |
| <b>Бензиновые двигатели</b>                                                                          |                      |                                                                                |     |           |
| Пуск холодного двигателя:                                                                            |                      |                                                                                |     |           |
| без применения устройств облегчения пуска                                                            | -20                  | 70                                                                             | 80  | 50        |
| с применением устройств облегчения пуска                                                             | -30                  | 65                                                                             | 55  | 45        |
| Пуск после предпускового подогрева двигателя                                                         | -45...-60            | 60                                                                             | 50  | 40        |
| <b>Дизели</b>                                                                                        |                      |                                                                                |     |           |
| Пуск холодного двигателя без применения устройства облегчения пуска:                                 |                      |                                                                                |     |           |
| с камерой сгорания в поршне при степени сжатия 16-17-12                                              | 16-17-12             | 125                                                                            | 100 | 90        |
| с камерой сгорания в поршне и турбонаддувом при степени сжатия не ниже 15                            | -10                  | 125                                                                            | 100 | 90        |
| Пуск холодного двигателя с применением устройства облегчения пуска:                                  |                      |                                                                                |     |           |
| с камерой сгорания в поршне при степени сжатия 16-17-30                                              | 16-17-30             | 90                                                                             | 60  | 50        |
| с камерой сгорания в поршне и турбонаддувом при степени сжатия не ниже 15                            | -25                  | 90                                                                             | 60  | 50        |
| с разделенными камерами сгорания при степени сжатия не ниже 21                                       | -20                  | 90                                                                             | -   | -         |
| Пуск двигателя после предпускового подогрева:                                                        |                      |                                                                                |     |           |
| с камерой сгорания в поршне при степени сжатия 16-17 и с турбонаддувом при степени сжатия не ниже 15 | -45                  | 70                                                                             | 60  | 50        |
| с разделенными камерами сгорания при степени сжатия не ниже 21                                       | -60                  | 75                                                                             | -   | -         |

Структуры схем систем электростартерного пуска отличаются между собой незначительно (рис. 4.3). В системах управления электростартером предусмотрены электромагнитные тяговые реле, дополнительные реле и реле блокировки, обеспечивающие дистанционное включение, автоматическое отключение стартера от аккумуляторной батареи после пуска двигателя и предотвращение включения стартера при работающем двигателе.

Источником энергии в системах электростартерного пуска является стартерная свинцовая аккумуляторная батарея – химический источник тока, поэтому в

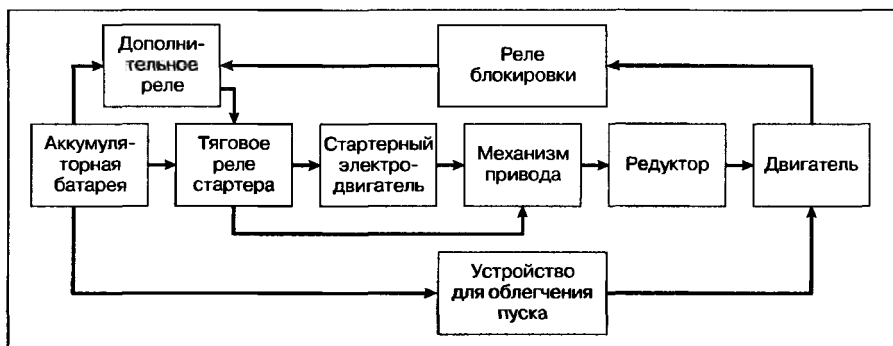


Рис. 4.3. Структурная схема системы пуска

электростартерах используют электродвигатели постоянного тока. Характеристики стартерного электропривода с электродвигателями постоянного тока последовательного или смешанного возбуждения хорошо согласуются со сложным характером нагрузки, создаваемой поршневым двигателем при пуске.

Стартерный электродвигатель получает питание от аккумуляторной батареи через замкнутые контакты 2 (рис. 4.4) тягового электромагнитного реле. При замыкании контактов выключателя S приборов и стартера, дополнительного реле или реле блокировки втягивающая 3 и удерживающая 4 обмотки тягового реле подключаются к аккумуляторной батарее GB. Якорь 5 тягового реле притягивается к сердечнику электромагнита и с помощью штока 6 и рычага 7 механизма привода вводит шестерню 10 в зацепление с зубчатым венцом 11 маховика двигателя.

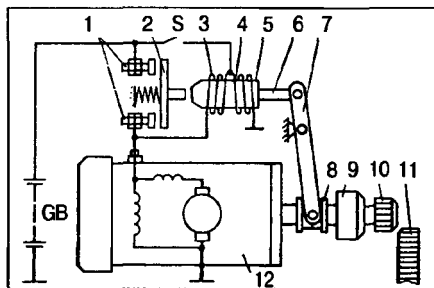


Рис. 4.4. Схема включения электростартера:  
1 – контактный болт; 2 – подвижный контактный диск; 3, 4 – соответственно втягивающая и удерживающая обмотки тягового реле; 5 – якорь тягового реле; 6 – шток; 7 – рычаг привода; 8 – проводковая муфта; 9 – муфта свободного хода; 10 – шестерня привода; 11 – зубчатый венец маховика; 12 – стартерный электродвигатель

В конце хода якоря 5 контактная пластина 2 замыкает силовые контактные болты 1, и стартерный электродвигатель 12, получая питание от аккумуляторной батареи, приводит во вращение коленчатый вал двигателя.

После пуска двигателя муфта свободного хода 9 предотвращает передачу вращающего момента от маховика к валу якоря электродвигателя. Шестерня привода не выходит из зацепления с венцом маховика до тех пор, пока замкнуты контактные болты 1. При размыкании выключателя S втягивающая и удерживающая обмотки тягового реле подсоединяются к аккумуляторной батарее последовательно через силовые контактные болты 1. Так как число витков у обеих

обмоток одинаково и по ним при последовательном соединении проходит один и тот же ток, обмотки при разомкнутом выключателе S создают два равных, но противоположно направленных магнитных потока. Сердечник электромагнита размагничивается, возвратная пружина перемещает якорь 5 реле в исходное нерабочее положение и выводит шестерню 10 из зацепления с зубчатым венцом маховика. При этом размыкаются и силовые контактные болты 1.

Недостатком систем электростартерного пуска с дистанционным управлением является большое количество элементов и необходимость применения сложных конструкций стартеров. Однако их использование позволяет уменьшить длину силовых электроцепей стартерного электродвигателя и тягового реле, уменьшить продолжительность пуска, расход энергии на пуск и тем самым увеличить срок службы аккумуляторной батареи и стартера.

### **4.3. Особенности работы электростартеров и требования к электростартерам**

Электростартер получает питание от аккумуляторной батареи – автономного источника электроэнергии ограниченной мощности. Вследствие внутреннего падения напряжения в батарее напряжение на выводах электростартера не остается постоянным, а уменьшается с увеличением нагрузки и силы потребляемого тока.

Сила тока электростартеров может составлять несколько сот и даже тысяч ампер. При такой силе тока на характеристики стартерного электродвигателя большое влияние оказывает падение напряжения в стартерной сети, т.е. в стартерном проводе и «массе».

Характеристики стартерных электродвигателей зависят от емкости и технического состояния аккумуляторной батареи. «Семейству» вольт-амперных характеристик батареи (см. рис. 2.33) соответствует «семейство» рабочих и механических характеристик стартерного электродвигателя.

Для стартерного электропривода двигателя характерна значительная неравномерность нагрузки, обусловленная резким изменением момента сопротивления от сил давления газов в цилиндрах и сложной кинематикой кривошипно-шатунного механизма. При переменной нагрузке снижается мощность и КПД системы пуска, что необходимо учитывать при выборе мощности стартерного электродвигателя и емкости аккумуляторной батареи.

Режим работы электростартеров – кратковременный с длительностью включения до 10 с при температуре 20°C. При отрицательных температурах допускается длительность работы до 15 с для стартеров бензиновых двигателей и до 20 с для стартеров дизелей.

Длительное время по отношению к периоду прокручивания коленчатого вала двигателя стартер может работать в режимах полного торможения и холостого хода. Якорь стартера должен без повреждений в течение 20 с выдерживать нагрузки, возникающие при частоте вращения коленчатого вала, на 20% превышающей частоту его вращения в режиме холостого хода.

Якорь стартера должен иметь надежный привод к коленчатому валу при пу-

ске двигателя и автоматически отключаться от него после осуществления пуска. Конструкция стартера и зубчатая передача должны обеспечивать надежный ввод шестерни в зацепление и передачу коленчатому валу двигателя вращающего момента. Шестерня привода стартера не должна самопроизвольно входить в зацепление с венцом маховика. Муфта свободного хода привода должна защищать якорь от механических повреждений.

Тяговое реле стартера должно обеспечивать ввод шестерни в зацепление и включение стартера при снижении напряжения до 9 В для  $U_H=12$  В и до 18 В для  $U_H=24$  В при температуре окружающей среды  $(20\pm 5)^\circ\text{C}$ . Контакты тягового реле должны оставаться замкнутыми при снижении напряжения на выводах стартера до 5,4 и 10,8 В при номинальных напряжениях соответственно 12 и 24 В.

Автомобильные электростартеры имеют степень защиты не ниже IPX4 (по ГОСТ 14254–80), кроме полости механизма привода.

Пусковой цикл (попытка пуска) на двигателе (на стенде) не должен превышать 15 с при температуре окружающей среды  $(20\pm 5)^\circ\text{C}$ . Допускается не более трех пусковых циклов подряд с перерывам между ними не менее 30 с. После охлаждения стартера до температуры окружающей среды допускается еще один пусковой цикл.

Не допускается нагружать стартер более чем на номинальную мощность. Повышение температуры стартера во время пусковых циклов не должно приводить к изменениям, отрицательно влияющим на его работоспособность.

Рациональному использованию аккумуляторной батареи, имеющей в системе пуска относительно большую массу и в наибольшей степени подверженной влиянию эксплуатационных факторов, способствуют правильное согласование характеристик элементов системы пуска и обоснованный выбор ее схемы и параметров, при которых расходуется минимальное количество энергии источника тока.

Для уменьшения длины стартерных проводов, габаритных размеров и массы стартера и батареи, а также для удобства их установки и технического обслуживания важно предусмотреть рациональное размещение элементов системы пуска двигателя на автомобиле.

Параметром, определяющим рациональное согласование мощностной характеристики пускового устройства с пусковыми характеристиками двигателя, является передаточное число привода. При изменении передаточного числа привода меняется наклон механической характеристики стартерного электродвигателя, приведенной к коленчатому валу двигателя. С повышением передаточного числа приведенный вращающий момент увеличивается, а приведенная частота вращения вала уменьшается. Максимальное значение мощности электростартера смещается в сторону меньшей частоты вращения коленчатого вала. Для каждого типа двигателя и заданных условий пуска существуют наиболее выгодные передаточные числа, при которых наилучшим образом используются мощностные характеристики стартерного электродвигателя.

Автомобильные электростартеры должны обеспечивать номинальные параметры при нормальных климатических условиях: температура окружающего воздуха  $(25\pm 10)^\circ\text{C}$ ; относительная влажность  $(45-80)\%$ ; атмосферное давление  $(84-106)$  кПа.

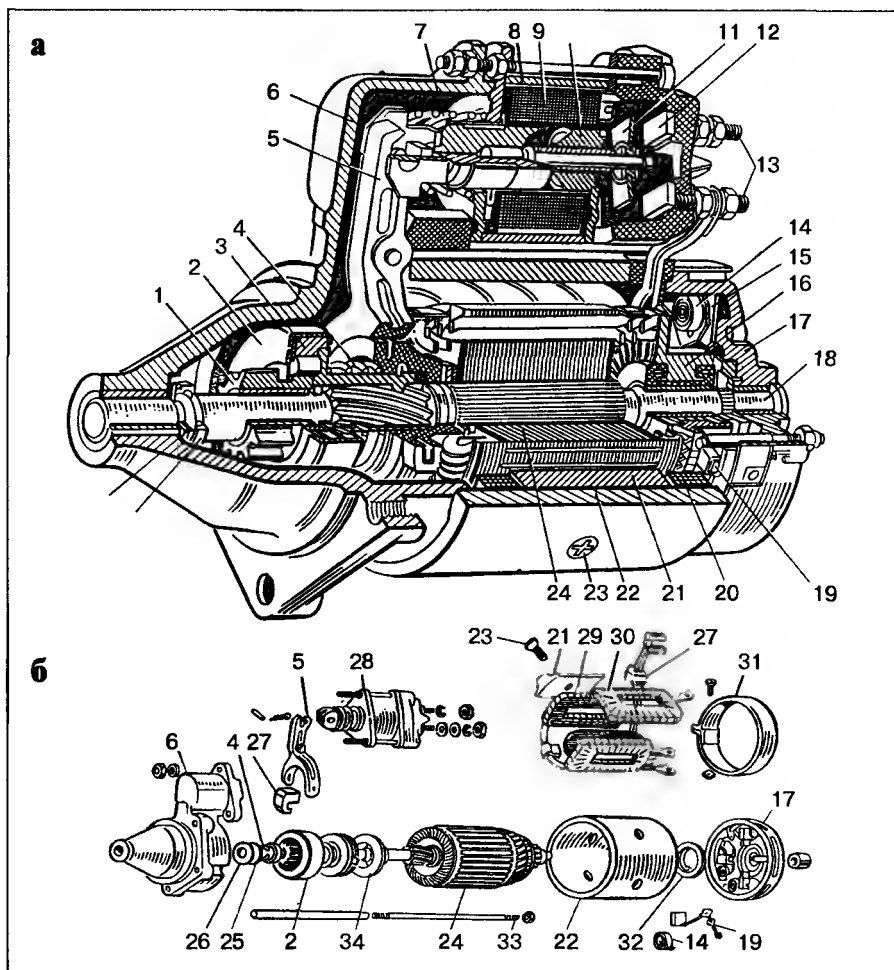


**Рис. 4.5. Электростартер СТ221:**

а – общий вид; б – детали стартера; 1 – шестерня привода; 2 – муфта свободного хода; 3 – ведущая обойма муфты свободного хода; 4 – буферная пружина; 5 – рычаг включения привода; 6 – крышка со стороны привода; 7 – возвратная пружина; 8 – корпус тягового реле; 9 – обмотка тягового реле; 10 – сердечник тягового реле; 11 – подвижная контактная пластина; 12 – неподвижный контакт; 13 – контактные болты; 14 – щеточная пружина; 15 – щеткодержатель; 16 – коллектор; 17 – крышка со стороны коллектора; 18 – вал якоря с винтовыми шлицами; 19 – щетка; 20 – катушка обмотки возбуждения; 21 – полюс; 22 – корпус стартера; 23 – полюсный винт; 24 – якорь электродвигателя; 25 – упорное кольцо; 26 – регулировочная шайба; 27 – резиновые заглушки; 28 – тяговое реле; 29 – последовательная обмотка возбуждения; 30 – параллельная обмотка возбуждения; 31 – защитная лента; 32 – тормозной диск; 33 – стяжная шпилька; 34 – ограничитель хода шестерни

## 4.4. Устройство электростартеров

Автомобильные электростартеры отличаются по способу управления и возбуждения, типу механизма привода, способу крепления на двигателе и степени защиты от проникновения пыли и воды.

По типу и принципу работы приводных механизмов выделяют стартеры с электромеханическим перемещением шестерни привода, которые получили наибольшее распространение, и стартеры с инерционным или комбинированным приводом. Для предотвращения разноса якоря после пуска двигателя в автомобильные электростартеры устанавливают роликовые, храповые и фрикционно-храповые муфты свободного хода.

Стартер состоит из электродвигателя постоянного тока с последовательным или смешанным возбуждением, электромагнитного тягового реле и механизма привода. В стартер может быть встроен дополнительный редуктор.

Узлами и деталями электростартера с электромеханическим включением шестерни являются корпус 22 (рис. 4.5) с полюсами 21 и катушками 20 обмотки возбуждения, якорь 24 с обмоткой и коллектором 16, механизм привода с муфтой свободного хода 2, шестерней 1 и буферной пружиной 4, электромагнитное тяговое реле с корпусом 8, обмоткой 9, контактными болтами 13 с контактами 12, крышка 6 со стороны привода, крышка 17 со стороны коллектора и щеточный узел с щеткодержателями 15, щетками 19 и щеточными пружинами 14.

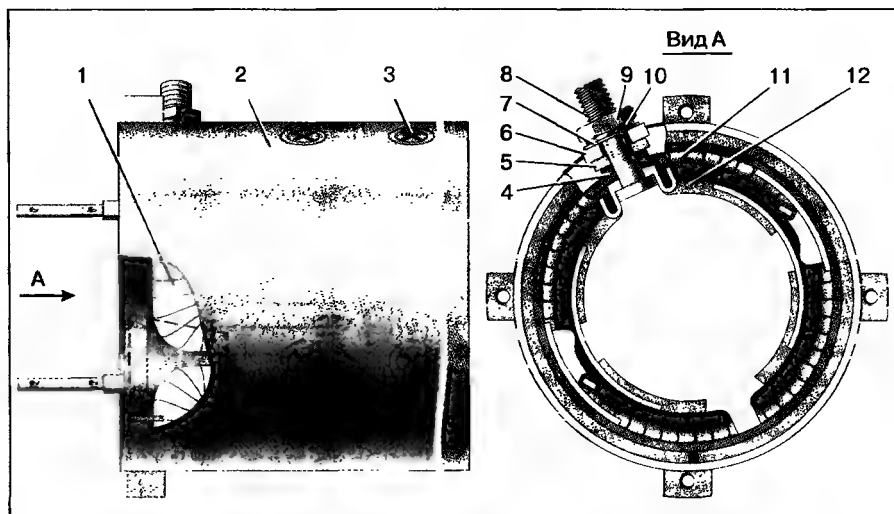


Рис. 4.6. Корпус стартера СТ142-Б в сборе:

1 — катушка; 2 — корпус; 3 — винт полюса; 4 — изоляционная втулка; 5, 6 — соответственно уплотнительная и изоляционная шайбы; 7 — шайба; 8 — выводной болт; 9 — гайка М12; 10 — пружинная шайба; 11 — изоляционный материал; 12 — полюс

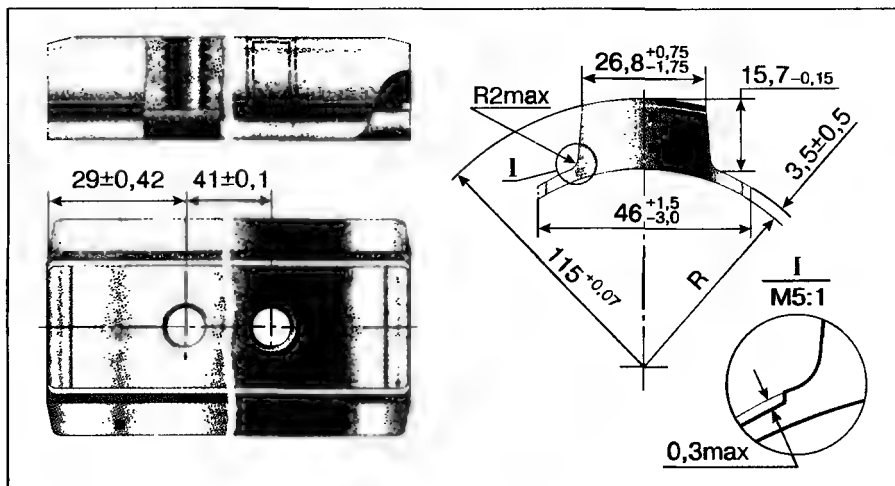


Рис. 4.7. Полюс стартера СТ142-Б

### Корпус. Полюсы. Обмотка возбуждения

Корпусы (рис. 4.6) электростартеров изготавливают из трубы или стальной полосы (сталь 10 или Ст 2) с последующей сваркой стыка.

С целью улучшения герметизации корпус не имеет окон для доступа к щеткам. Длина корпуса в 1,6–2 раза больше длины пакета якоря. Толщина корпуса зависит от диаметра  $D$  корпуса и составляет  $(0,05–0,08) D$ . В корпусе 2 предусмотрено отверстие для выводного болта 8 обмотки возбуждения. Корпус может иметь установочные прорези на торцах и конусообразные проточки для установки уплотнительных колец.

К корпусу 2 винтами 3 крепят полюсы 12 с катушками 1 обмотки возбуждения. Все автомобильные стартеры выполняют четырехполюсными. Катушки последовательных и параллельных обмоток возбуждения устанавливают на отдельных полюсах, поэтому число катушек равно числу полюсов.

Горячекатаные или штампованные полюсы (рис. 4.7) стартера состоят из магнитопровода, полюсных наконечников и изготавливаются из профильной стали 10.

Катушки (рис. 4.8) последовательной обмотки имеют небольшое число витков неизолированного медного провода 3 прямоугольного сечения марки

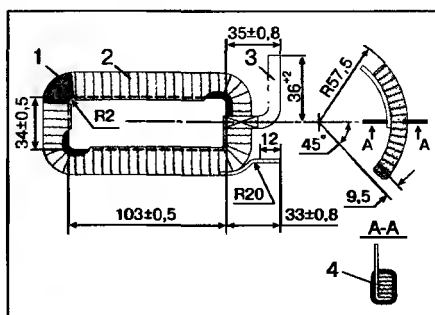


Рис. 4.8. Катушка возбуждения стартера СТ142-Б:

1 – изоляционный материал между витками; 2 – лента батиновая; 3 – провод ПММ; 4 – прокладка

ПММ. Между витками катушки прокладывают электроизоляционный картон толщиной 0,2–0,4 мм. Катушки параллельной обмотки возбуждения наматывают изолированным круглым проводом марок ПЭВ-2 и ПЭТВ. Снаружи катушки изолируют лентой из изоляционного материала (хлопчатобумажная тафтяная лента, батистовая лента Б-13). Внешняя изоляция после пропитывания лаком и просушивания имеет толщину 1–1,5 мм. Перспективно применение полимерных материалов при изолировании катушек, с помощью которых можно получить покрытия, равномерные по толщине, стойкие к воздействию агрессивной среды и повышенной температуры.

### Якорь

Якорь (рис. 4.9) стартера представляет собой шихтованный сердечник, в пазы которого укладываются секции обмотки. В шихтованном сердечнике меньше потери на вихревые токи. Пакет якоря напрессован на вал 4, вращающийся в двух или трех опорах с бронзографитовыми подшипниками, подшипниками из других порошковых материалов, либо с подшипниками качения.

Пакет якоря набран из стальных пластин (сталь 0,8 кп или сталь 10) толщиной 1–1,2 мм (рис. 4.10). Крайние пластины пакета из электроизоляционного картона ЭВ толщиной 2,5 мм предохраняют от повреждения изоляционный материал лобовых частей обмотки якоря.

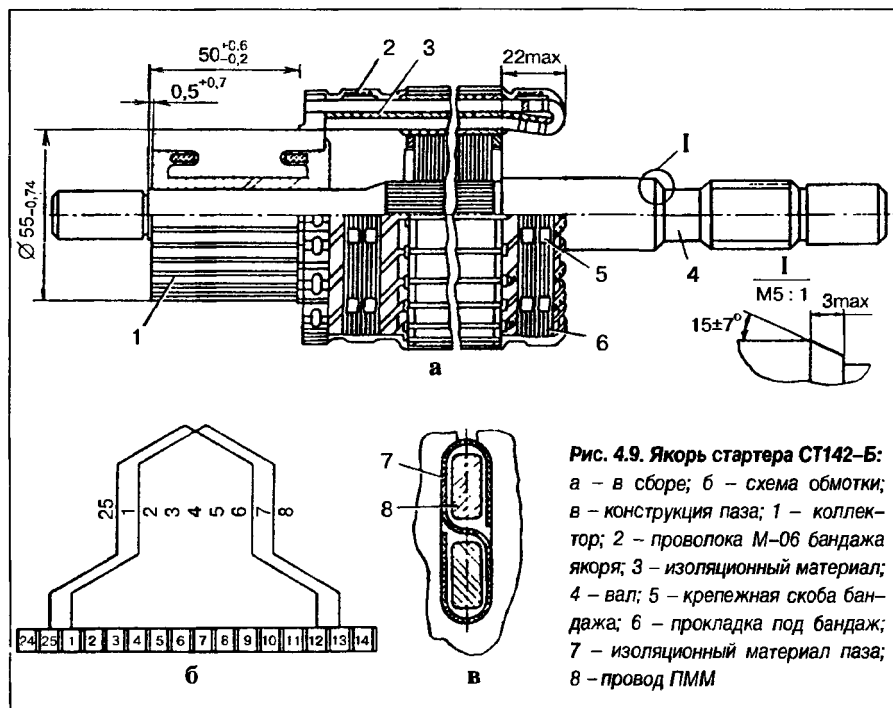


**Рис. 4.9. Якорь стартера СТ142-Б:**  
 а – в сборе; б – схема обмотки;  
 в – конструкция паза; 1 – коллектор;  
 2 – проволока М-06 бандажа якоря;  
 3 – изоляционный материал;  
 4 – вал; 5 – крепежная скоба бандажа;  
 6 – прокладка под бандаж;  
 7 – изоляционный материал паза;  
 8 – провод ПММ



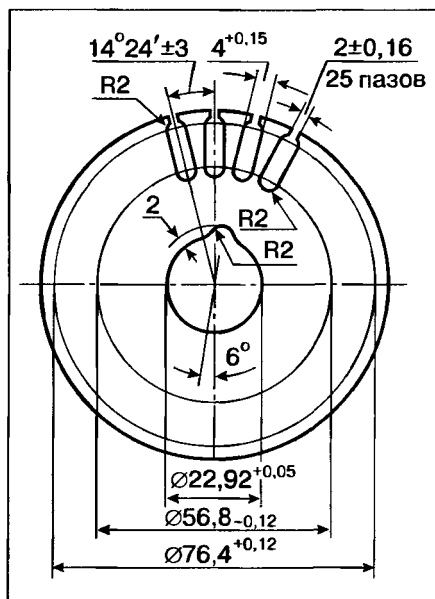


Рис. 4.10. Стальная пластина якоря

В стартерных электродвигателях применяют простые волновые обмотки с одно- и двухвитковыми секциями (см. рис. 4.9, б). Одновитковые секции выполняют из неизолированного прямоугольного провода марки ПММ. Обмотки с двухвитковыми секциями наматывают круглыми изолированными проводами ПЭВ-2 и ПЭТВ.

Полузакрытые или закрытые пазы якорей могут иметь прямоугольную или грушевидную форму (рис. 4.11). При прямоугольной форме пазов обеспечивается лучшее их заполнение прямоугольным проводом. В этом случае проводники в пазы укладывают в два слоя и изолируют друг от друга и от пакета якоря гильзами S-образной формы из электрокартона толщиной 0,2–0,4 мм или полимерной пленки. Пазы грушевидной формы с постоянным или переменным сечением зубца применяют в стартерах малой мощности с двухвитковыми секциями.

Концы секций обмотки якоря укладывают в прорезы «петушков» коллекторных пластин. Конец одной секции и начало следующей по ходу обмотки присоединяют к одной коллекторной пластине.

На лобовые части обмотки якоря накладывают бандажи, состоящие из нескольких витков проволоки, хлопчатобумажного шнура или стекловолокнистого материала, намотанных на прокладку из электроизоляционного картона.

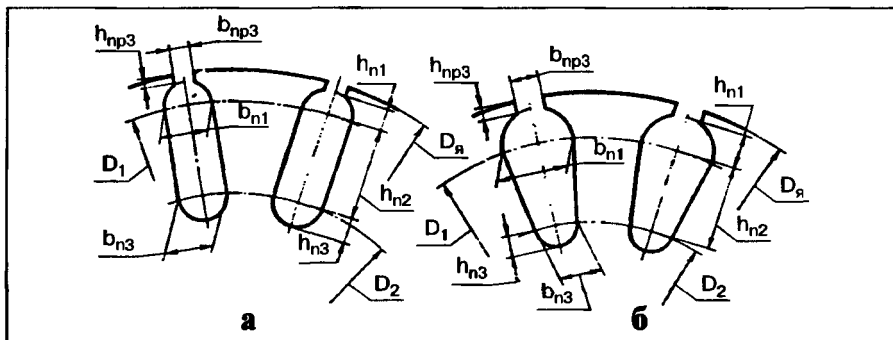


Рис. 4.11. Форма и размеры пазов со скруглениями:

а – прямоугольный полузакрытый; б – грушевидный полузакрытый

Бандаж из стекловолокна менее дорогостоящий, для него можно не применять крепежные скобы. Бандаж может быть изготовлен в виде алюминиевого кольца с изоляционной кольцевой прокладкой из гетинакса или текстолита. Лобовые части секций изолируют друг от друга электроизоляционным картоном.

### Коллекторы. Щетки. Щеткодержатели

В электростартерах применяют сборные цилиндрические коллекторы на металлической втулке, а также цилиндрические и торцовые коллекторы с пластмассовым корпусом.

Сборные цилиндрические коллекторы (рис. 4.12, а), применяемые на стартерах большой мощности, составляют из медных пластин и изолирующих прокладок из миканита, слюдинита или слюдопласта. Пластины в коллекторе закрепляются с помощью металлических нажимных колец 2 и изоляционных корпусов 4 по боковым опорным поверхностям. От металлической втулки 1, которую напрессовывают на вал якоря, медные пластины изолируют цилиндрической втулкой из миканита.

Рабочая поверхность коллектора должна иметь строго цилиндрическую форму. Монолитность конструкции и биение рабочей поверхности сборных цилинд-

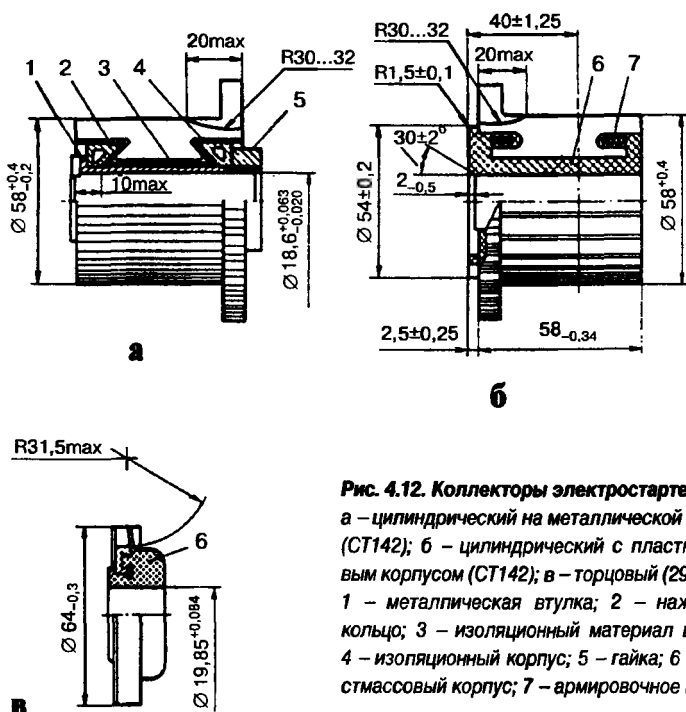


Рис. 4.12. Коллекторы электростартеров:

а – цилиндрический на металлической втулке (СТ142); б – цилиндрический с пластмассовым корпусом (СТ142); в – торцовый (29.3708); 1 – металлическая втулка; 2 – нажимное кольцо; 3 – изоляционный материал втулки; 4 – изоляционный корпус; 5 – гайка; 6 – пластмассовый корпус; 7 – армировочное кольцо

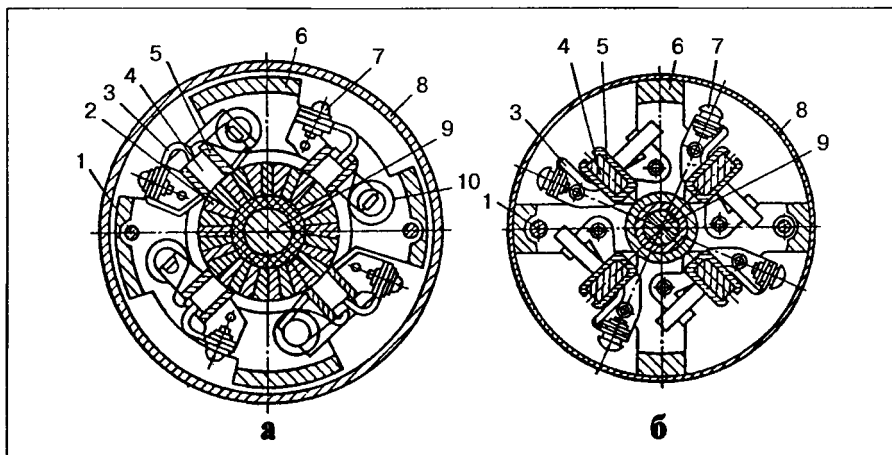


**Рис. 4.13. Щеточно-коллекторные узлы:**

**а** – стартера СТ230–Б с цилиндрическим коллектором; **б** – стартера 29.3708 с торцовым коллектором; 1 – стяжной болт; 2 – коллектор; 3 – кантик щетки; 4 – щетка; 5 – щеткодержатель; 6 – крышка со стороны коллектора; 7 – винт крепления канатика щетки; 8 – защитный кожух; 9 – вал якоря; 10 – пружина

рических коллекторов зависят от точности изготовления сопрягаемых деталей. Вследствие податливости изоляционных прокладок между пластинами первоначальная форма сборного цилиндрического коллектора в процессе эксплуатации может измениться, что приводит к усилению искрения под щетками.

В цилиндрических коллекторах с пластмассовым корпусом (рис. 4.12, б) пластмасса является формирующим элементом коллектора. Она плотно охватывает сопрягаемые поверхности независимо от конфигурации и точности изготовления коллекторных пластин, изолирует коллекторные пластины от вала и воспринимает нагрузки. В качестве пресс-материала чаще всего используется пластмасса АГ–4С. Для повышения прочности коллектора применяют армировочные кольца из металла и пресс-материала. При небольших размерах коллектор может быть изготовлен из цельной цилиндрической заготовки, разрезаемой после опрессовки пластмассой на отдельные ламели.

Торцовые коллекторы (рис. 4.12, в) по сравнению с цилиндрическими имеют меньшие размеры и металлоемкость. Рабочая поверхность торцового коллектора находится в плоскости, перпендикулярной к оси вращения якоря. При изготовлении торцового коллектора из медной втулки формируется пластина в виде диска с отверстием, прямоугольными пазами по числу требуемых коллекторных пластин и кольцевыми выступами. Диск со стороны выступов опрессовывается пластмассой. В пластмассовом корпусе прошивают внутреннее отверстие для напрессовки коллектора на вал. Для разделения пластин производится обсечка коллектора по наружному диаметру.

В стартерах с цилиндрическими коллекторами щетки 4 (рис. 4.13, а) устанавли-

вают в четырех коробчатых щеткодержателях 5 радиального типа, закрепленных на крышке 6 со стороны коллектора. Необходимое удельное давление (30–120 кПа) щетки на коллектор обеспечивают спиральные пружины 10. Щеткодержатели изолированных щеток отделены от крышки прокладками из текстолита или другого изоляционного материала. В стартерах большой мощности в каждом из радиальных щеткодержателей устанавливают по две щетки.

В электростартерах с торцовыми коллекторами щетки 4 (рис. 4.13, 6) размещают в пластмассовой или металлической траверсе и прижимают к рабочей поверхности коллектора витыми цилиндрическими пружинами.

Щетки имеют канатики 3 и присоединяются к щеткодержателям 5 с помощью винтов 7. Обычно щетки устанавливают на геометрической нейтрали. На неко-

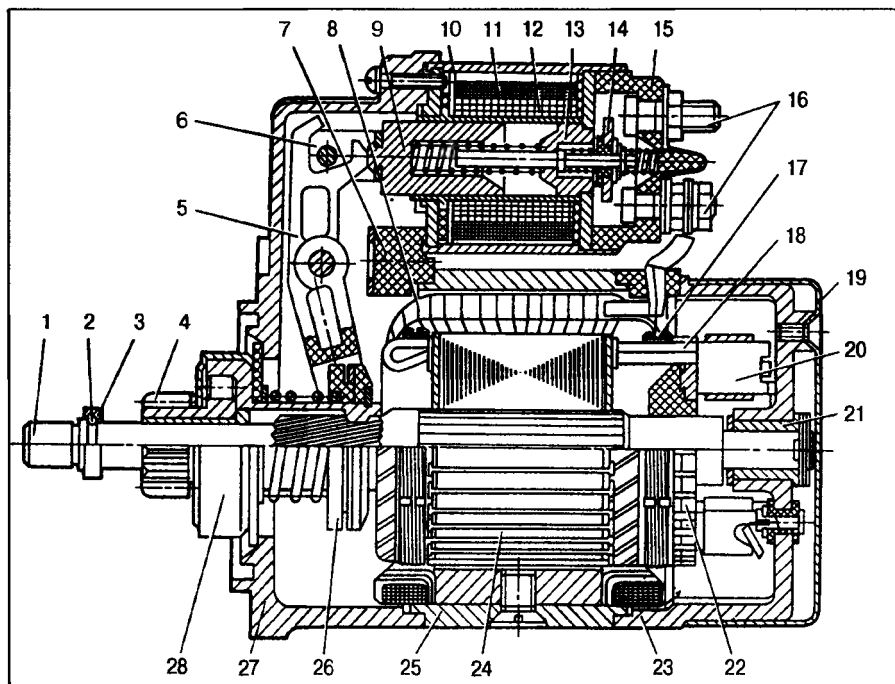


**Рис. 4.14. Электростартер 29.3708 с одной опорой в крышке со стороны коллектора:**

1 – вал якоря; 2 – замковое кольцо; 3 – упорное кольцо; 4 – шестерня привода; 5 – рычаг привода; 6 – тяговое реле; 7 – уплотнительная заглушка; 8 – катушка обмотки возбуждения; 9 – якорь тягового реле; 10 – корпус тягового реле; 11 – удерживающая обмотка; 12 – втягивающая обмотка; 13 – сердечник тягового реле; 14 – подвижный контакт; 15 – крышка тягового реле; 16 – контактные болты; 17 – бандаж лобовой части обмотки якоря; 18 – обмотка якоря; 19 – защитный кожух; 20 – щетка; 21 – вкладыш подшипника; 22 – торцовый коллектор; 23 – крышка со стороны коллектора; 24 – якорь электродвигателя; 25 – корпус; 26 – поводковая муфта; 27 – крышка со стороны привода; 28 – роликовая муфта свободного хода

торых стартерах для улучшения коммутации щетки смещают с геометрической нейтрали на небольшой угол против направления вращения.

Щетки в щеткодержателях должны перемещаться свободно, но без сильного бокового люфта.

В электростартерах применяют меднографитные щетки с добавками свинца и олова. Содержание графита выше в щетках для мощных стартеров и стартеров для тяжелых условий эксплуатации. Плотность тока  $j_{щ}$  в щетках электростартеров находится в пределах 40–100 А/см<sup>2</sup>. От допустимой плотности тока зависят размеры щеток и падение напряжения под щетками  $U_{щ}$ .

### **Крышки, подшипники**

Крышки со стороны коллектора изготавливают методом литья из чугуна, стали, алюминиевого или цинкового сплава, а также штампуют из стали. Крышки могут иметь дисковую или колоколообразную форму. В крышках колоколообразной формы предусмотрены окна для доступа к щеткам.

Крышки со стороны привода изготавливают методом литья из алюминиевого сплава или чугуна. Конструкция крышки зависит от материала, из которого она изготовлена, типа механизма привода, способа крепления стартера на двигателе и тягового реле на стартере. Установочные фланцы крышки имеют два или большее число отверстий под болты крепления стартера. Фланцевое крепление стартера к картеру сцепления дает возможность сохранить постоянно межосевое расстояние в зубчатом зацеплении при снятии и повторной установке стартера. В крышке предусмотрено отверстие, которое позволяет шестерне привода входить в зацепление с венцом Маховика.

В крышках и промежуточной опоре устанавливают подшипники скольжения. Промежуточную опору предусматривают в стартерах с диаметром корпуса 115 мм и более. Подшипники смазывают в процессе производства и при необходимости во время технического обслуживания в эксплуатации. В стартерах большой мощности для грузовых автомобилей бобышки подшипников имеют масленки с резервуарами для смазочного материала и смазочными фильцами.

На автомобилях ВАЗ моделей 2108 и 2109 установлен стартер 29.3708, имеющий только одну опору в крышке 23 со стороны коллектора (рис. 4.14). Вторая опора со стороны привода предусмотрена в картере сцепления.

### **Тяговые электромагнитные реле**

Управляемые дистанционно тяговые реле обеспечивают ввод шестерни в зацепление с венцом маховика и подключают стартерный электродвигатель к аккумуляторной батарее. Они отличаются по способу крепления на стартере, количеству обмоток, конструкции контактного устройства и форме стопа электромагнита.

На большинстве стартеров тяговое реле располагают на приливе крышки 27 (см. рис. 4.14) со стороны привода. С фланцем прилива крышки реле соединяют непосредственно или через дополнительные крепежные элементы.

Реле может иметь одну или две обмотки, намотанные на латунную втулку, в которой свободно перемещается стальной якорь 11 (рис. 4.15), действующий

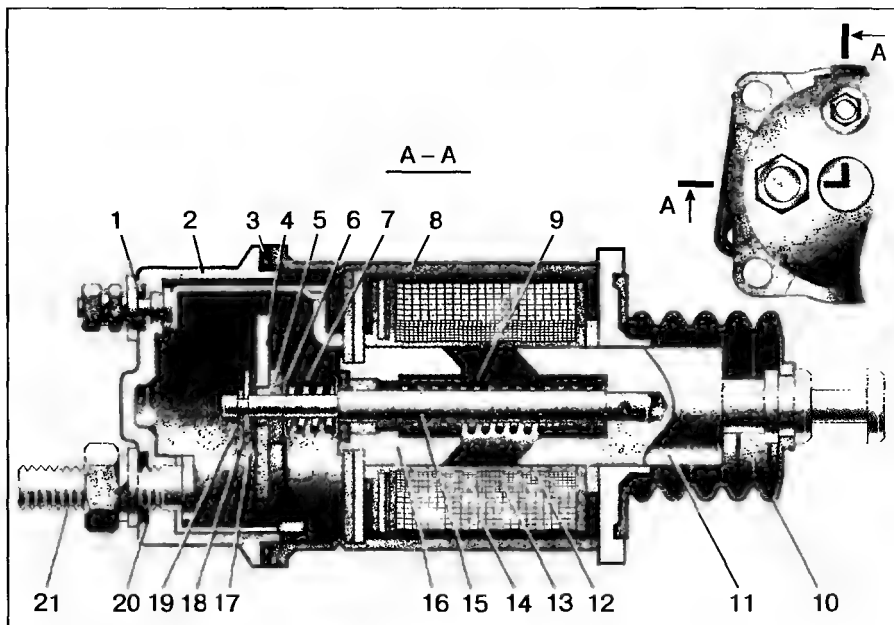


**Рис. 4.15. Тяговое реле стартера СТ142-Б с неразделенной контактной системой:**

1, 20 – резиновые уплотнительные шайбы; 2 – крышка реле (полиамид ПА 66–КС); 3 – резиновое уплотнительное кольцо, 4 – контактный диск (ШМТ 4–60, ГОСТ 434–78\*); 5 – изоляционная втулка (полиамид ПА 66–КС), 6 – чашка (лента 08 кл); 7 – пружина (проволока  $(1,3 \pm 0,03)$  мм); 8 – корпус реле; 9 – возвратная пружина (проволока  $(16 \pm 0,03)$  мм); 10 – резиновый сильфон; 11 – якорь реле (сталь 10 ГОСТ 1050–88); 12 – каркас катушки; 13, 14 – соответственно удерживающая и втягивающая обмотки; 15 – стальной шток; 16 – сердечник реле (сталь 10, ГОСТ 1050–88); 17 – изоляционная шайба (полиамид ПА 66–КС), 18 – шайба, 19 – скоба (лента 08 кл), 21 – контактный болт (проволока МТ)

на шток 15 с подвижным контактным диском 4. Два неподвижных контакта в виде контактных болтов 21 закрепляют в пластмассовой крышке 2.

В двухобмоточном реле удерживающая обмотка 13, рассчитанная только на удержание якоря реле 11 в притянутом к сердечнику 16 состоянии, намотана проводом меньшего сечения и имеет прямой выход на «массу». Втягивающая обмотка 14 подключена параллельно контактам реле. При включении реле она действует согласно с удерживающей обмоткой и создает необходимую силу притяжения, когда зазор между якорем 11 и сердечником 16 максимален. Во время работы стартерного электродвигателя замкнутые контакты тягового реле шунтируют втягивающую обмотку и выключают ее из работы.

Контактные системы могут быть разделенной или неразделенной конструкции. При неразделенной контактной системе (см. рис. 4.15) подвижный контакт снабжен пружиной 7. Перемещение подвижного контактного диска в исходное нерабочее положение обеспечивает возвратная пружина 9. В разделенной кон-

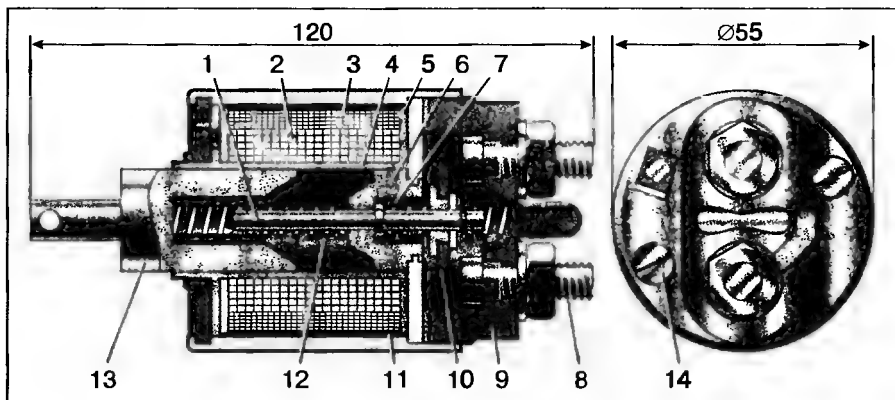


**Рис. 4.16. Тяговое реле стартера 29.3708 с разделенной контактной системой:**

1 – шток; 2, 3 – соответственно втягивающая и удерживающая обмотки; 4 – втулка; 5 – каркас катушки; 6 – сердечник реле; 7, 12 – пружины; 8 – контактный болт; 9 – крышка реле; 10 – контактный диск; 11 – корпус реле; 13 – якорь реле; 14 – винт

тактной системе (рис. 4.16) подвижный контактный диск 10 не связан жестко с якорем 13 реле.

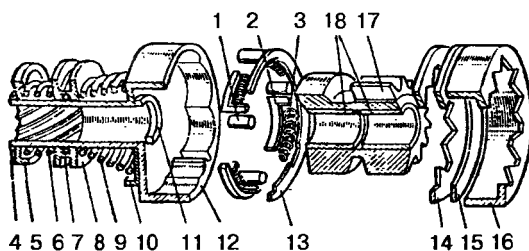
Контактный диск круглой, фасонной или прямоугольной формы устанавливают между изоляционной втулкой и шайбой на штоке. Это обеспечивает надежное соединение контактов реле при возможном перекосе и перемещении диска вдоль оси штока за счет сжатия пружин контактной системы.

Тяговое реле рычагом связано с механизмом привода, расположенным на шлицевой части вала. Рычаг воздействует на привод через поводковую муфту. Его отливают из полимерного материала или выполняют составным из двух штампованных стальных частей, которые соединяют заклепками или сваркой.

### **Механизмы привода стартеров**

Наибольшее распространение в электростартерах получили бесшумные в работе и технологичные роликовые муфты свободного хода, способные при небольших размерах передавать большие крутящие моменты. Роликовые муфты малочувствительны к загрязнению, не требуют ухода и регулирования в эксплуатации.

При включении стартерного электродвигателя наружная ведущая обойма 12 (рис. 4.17) муфты свободного хода вместе с якорем поворачивается относительно неподвижной еще ведомой обоймы 17. Ролики 1 под действием прижимных пружин 3 и сил трения между обоймами и роликами перемещаются в узкую часть клиновидного пространства, и муфта заклинивается. Вращение от вала якоря ведущей обойме 12 муфты передается шлицевой втулкой 10. После пуска двигателя частота вращения ведомой обоймы 17 с шестерней превышает частоту вращения ведущей обоймы 12, ролики переходят в широкую часть клиновидного пространства между обоймами, поэтому вращение от венца маховика к якорю стартера не передается (муфта проскальзывает).



**а**

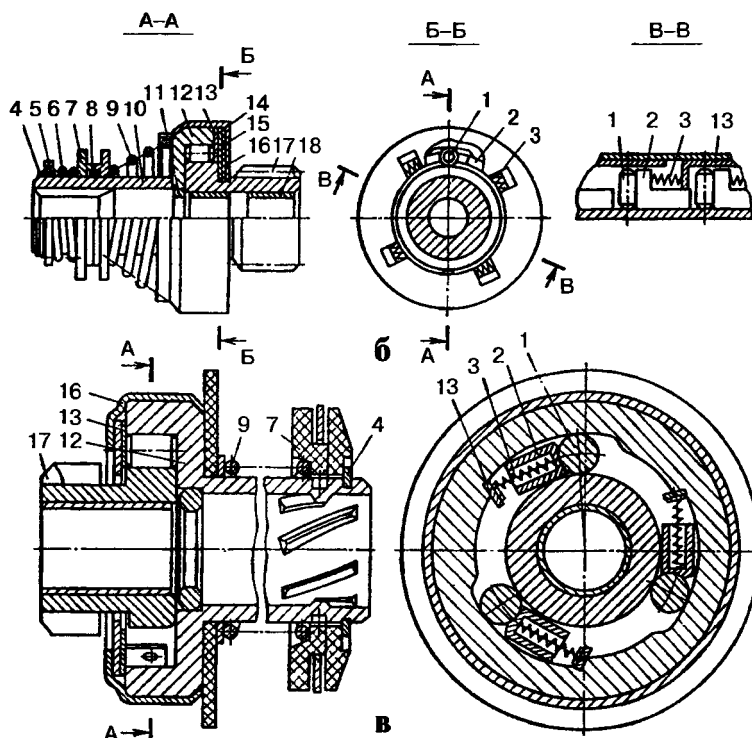


**Рис. 4.17. Приводные механизмы с роликовыми муфтами свободного хода:**

а, б – стартера СТ230–Б; в – стартера 29.3708; 1 – ролик; 2 – толкатель; 3 – прижимная пружина; 4 – замковое кольцо; 5 – опорная чашка; 6 – пружина; 7, 8 – поводковые муфты; 9 – буферная пружина; 10 – шлицевая втулка; 11 – центрирующее кольцо; 12 – наружная ведущая обойма; 13 – держатель пружин; 14 – специальная шайба; 15 – войлочный уплотнитель; 16 – кожух муфты; 17 – ведомая обойма с шестерней; 18 – втулки



Для обеспечения надежного заклинивания муфты свободного хода применяются индивидуальные и групповые прижимные устройства для роликов. К индивидуальным относятся прижимные устройства с пружинами 3, осуществляющими нажатие на ролики 1 непосредственно через индивидуальные плунжеры или толкатели 2 Г-образной формы. В муфтах свободного хода с групповыми прижимными устройствами число прижимных пружин меньше числа роликов, а заклинивание роликов между обоймами осуществляется при помощи сепараторов.

Заклинивание роликов в муфтах свободного хода с бесплунжерными прижимными устройствами происходит за счет перемещения толкателей или сепаратора с пазами, в которых размещены ролики. В муфтах с индивидуальными прижимными устройствами витые цилиндрические пружины 3 одним концом упираются в выступы толкателей 2, а другим в отогнутые лепестки держателя пружин 13, соединенного с ведущей обоймой 12. Сепараторное прижимное устройство сложнее по конструкции, однако позволяет увеличить число роликов, способствует равномерному распределению нагрузки на ролики и тем самым повышает нагрузочную способность муфты свободного хода. Благодаря отсутствию отверстий под плунжеры в бесплунжерных муфтах свободного хода повышается прочность обоймы.

Механизм привода стартера с храповой муфтой свободного хода обеспечивает более полное разъединение вала электродвигателя и коленчатого вала двигателя при значительно меньших нагрузках на силовые элементы муфты. Храповая муфта (рис. 4.18) состоит из корпуса 11, ведущего 8 и ведомого 6 храповиков, шестерни 2 привода, пружины 10, шлицевой направляющей втулки 12 и центробежного механизма с конической втулкой 7, текстолитовыми сегментами (сухариками) 3 и направляющими штифтами 4 для разъединения ведущего и ведомого храповиков.

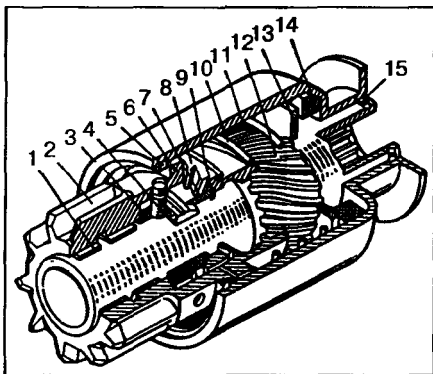


**Рис. 4.18. Приводной механизм с храповой муфтой свободного хода:**

1 – вкладыш; 2 – шестерня; 3 – сегмент (сухарик); 4 – направляющий штифт; 5, 15 – замковые кольца; 6 – ведомый храповик; 7 – коническая втулка; 8 – ведущий храповик; 9, 13 – шайбы; 10 – пружина; 11 – корпус муфты; 12 – шлицевая направляющая втулка; 14 – буферное резиновое кольцо

При подключении обмотки тягового реле к источнику питания, якорь реле через рычаг привода и корпус 11 муфты перемещает направляющую втулку 12 вместе с храповиками 6 и 8 по шлицам вала и вводит шестерню 2 в зацепление с венцом маховика до упора в шайбу на валу якоря. В конце хода шестерни замыкаются силовые контакты тягового реле, вал якоря приводится во вращение, а вращающий момент через шлицевую втулку 12, ведущий 8 и ведомый 6 храповики передается шестерне 2 и далее венцу маховика. При передаче вращающего момента в винтовых шлицах втулки 12 и ведущего храповика 8 возникает осевое усилие, которое воспринимается буферным резиновым кольцом 14.

Если шестерня привода упирается в конец маховика, сжимается пружина 10 и ведущий храповик 8, перемещаясь по винтовым шлицам втулки 12, своими торцовыми зубьями поворачивает ведомый храповик и шестерню на угол, обеспечивающий ввод шестерни в зацепление и замыкание контактов тягового реле.

После пуска двигателя частота вращения шестерни и ведомого храповика становится больше частоты вращения вала якоря и направляющей втулки 12, поэтому ведущий храповик перемещается по винтовым шлицам втулки, отходит от ведомого храповика и шестерня привода вращается вхолостую. Коническая втулка 7 отодвигается вместе с ведущим храповиком и освобождает текстолитовые сегменты (сухарики) 3, соединенные с быстровращающимся ведомым храповиком 6 направляющими штифтами 4. Под действием центробежных сил сегменты перемещаются в радиальном направлении вдоль штифтов и блокируют муфту в расцепленном состоянии, предохраняя зубья храповиков от повреждения и изнашивания. В этом состоянии храповой механизм будет находиться до тех пор, пока осевая составляющая от центробежных сил, действующих на сухарики, превышает усилие пружины.

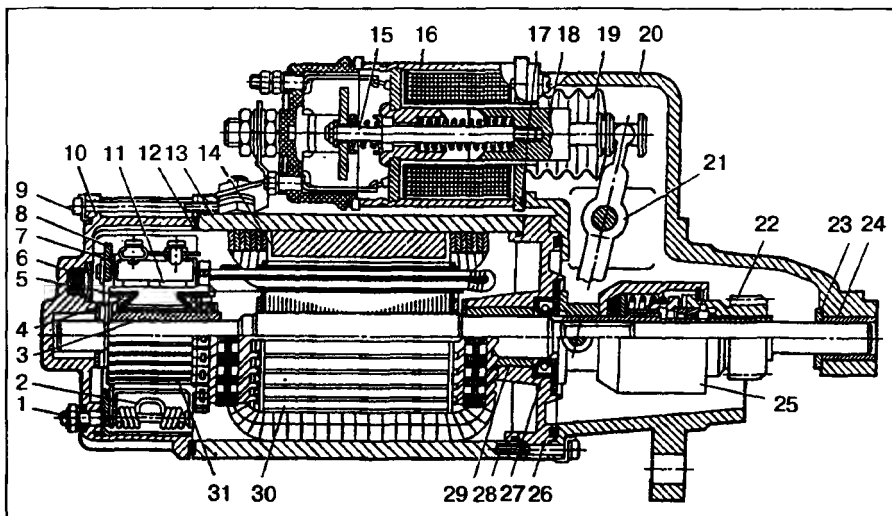


**Рис. 4.19. Электростартер СТ142 с храповой муфтой свободного хода:**

1 – болт траверсы; 2 – пружина щеткодержателя; 3 – металлическая втулка коллектора; 4 – нажимное металлическое кольцо; 5 – изоляционный конус коллектора; 6 – войлочный фильц; 7 – радиальный щеткодержатель; 8 – траверса; 9 – болт крепления коллекторной крышки; 10 – коллекторная крышка; 11 – щетка; 12, 17 – резиновые уплотнительные копыта; 13 – корпус; 14 – полюс; 15 – шток тягового реле; 16 – тяговое реле; 18 – якорь тягового реле; 19 – сильфон; 20 – крышка со стороны привода; 21 – рычаг включения привода; 22 – шестерня привода; 23 – упорная шайба; 24 – втулка подшипника; 25 – храповая муфта свободного хода; 26 – промежуточная опора; 27 – манжеты; 28 – болт крепления крышки со стороны привода; 29 – промежуточный подшипник; 30 – якорь электродвигателя; 31 – коллектор

Шестерня привода выходит из зацепления с венцом маховика только после выключения тягового реле стартера. Во время отдельных вспышек в цилиндрах шестерня остается в зацеплении, что позволяет стартеру вращать коленчатый вал до тех пор, пока двигатель не сможет работать самостоятельно.

Преимуществом храповой муфты свободного хода по сравнению с роликовыми муфтами является высокая надежность, ремонтпригодность и возможность передачи большего вращающего момента при сравнительно небольших габаритных размерах.

### **Крепление стартеров на двигателях**

Обычно стартер располагают сбоку картера двигателя, при этом крышка со стороны привода обращена в сторону маховика и входит в отверстие картера сцепления.

Стартеры мощностью свыше 4,4 кВт с диаметром корпуса 130–180 мм устанавливают в углублениях специальных приливов двигателя. К посадочной поверхности прилива двигателя корпус стартера прижимается стальными лентами или литыми скобами. От проворота стартер фиксируют шпонками или штифтами. Шестерня механизма привода стартера может быть установлена между опорами под крышкой или консольно за ее пределами.

### **Защита от посторонних тел и воды**

В эксплуатации стартеры подвержены воздействию влаги, масла, грязи. Конструкция стартера предусматривает защиту от них. Лучше защищены стартеры грузовых автомобилей. Герметизация обеспечивается установкой в местах разъема резиновых колец, применением втулок и уплотнительных прокладок из мягких пластических материалов. Герметизация стартера в местах вывода обмоток тягового реле и стартера обеспечивается установкой резиновых шайб. Попадание в стартер и тяговое реле грязи, влаги и посторонних тел исключается благодаря установке резинового сильфона 19 (рис. 4.19) и резиновой армированной манжеты 27 в промежуточной опоре 26. Герметизирующий сильфон 19 не должен препятствовать регулированию механизма привода.

### **Стартеры для тяжелых грузовых автомобилей**

Стартер, приведенный на рис. 4.20, снабжен храповой муфтой свободного хода. Тяговое реле 5 закреплено на корпусе 4. Якорь вращается в трех опорах. Цилиндрический коллектор 2 собран на металлической втулке. В каждом радиальном коромысле щеткодержателе 3 установлены по две щетки 15.

Приведенный на рис. 4.21 стартер номинальным напряжением 24 В и номинальной мощностью 12 кВт имеет фрикционно-храповой привод 16. Шестерня 19 привода расположена консольно за пределами крышки 15 со стороны привода. В подшипнике качения 17 вращается втулка шестерни 19. В подшипнике качения, установленном в крышке со стороны коллектора, установлен вал якоря. В стартере применен сборный цилиндрический коллектор 2. В каждом коромысле щеткодержателе установлено по две щетки 3.

Стартер имеет смешанное возбуждение. Две катушки последовательной обмотки соединены между собой последовательно, а две катушки параллельной

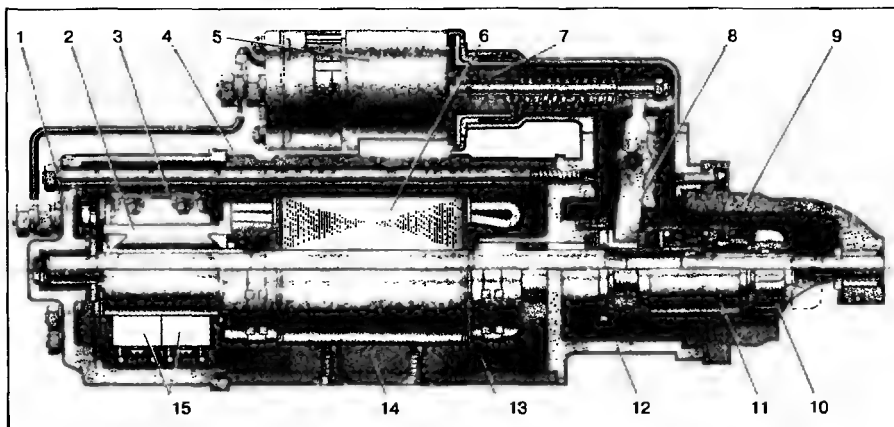


**Рис. 4.20. Электростартер 25.3708:**

1 – крышка со стороны коллектора; 2 – коллектор; 3 – щеткодержатель; 4 – корпус; 5 – тяговое реле; 6 – якорь электродвигателя; 7 – якорь тягового реле; 8 – рычаг включения привода; 9 – крышка со стороны привода; 10 – шестерня привода; 11 – муфта свободного хода (храповая); 12 – промежуточная опора; 13 – катушка возбуждения; 14 – полюс; 15 – щетки

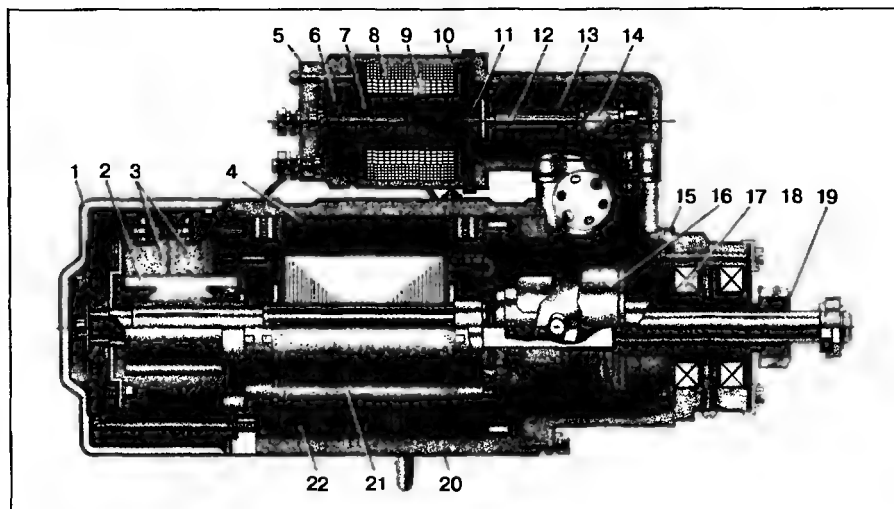


**Рис. 4.21. Электростартер 16.3708 с фрикционно-храповой муфтой свободного хода:**

1 – крышка; 2 – коллектор; 3 – щетки; 4 – полюс; 5 – крышка тягового реле; 6 – контактный диск; 7 – сердечник электромагнита; 8 – втягивающая обмотка реле; 9 – удерживающая обмотка; 10 – корпус тягового реле; 11 – якорь тягового реле; 12 – шток якоря реле; 13 – возвратная пружина; 14 – рычаг включения привода; 15 – крышка со стороны привода; 16 – фрикционно-храповой привод; 17 – подшипники; 18 – вал; 19 – шестерня; 20 – корпус; 21 – якорь электродвигателя; 22 – катушка обмотки возбуждения

обмотки – параллельно. Ток к последовательной обмотке и к якору при включении стартера подводится от аккумуляторной батареи через контакты выключателя стартера и втягивающую обмотку тягового реле.

После замыкания контактов тягового реле силовые контакты контактора КТ130 подключают последовательную обмотку возбуждения и обмотку якоря непосредственно к аккумуляторной батарее, одновременно шунтируя втягивающую обмотку тягового реле. Параллельная обмотка электродвигателя стартера и удерживающая обмотка тягового реле в течение работы стартера соединены с аккумуляторной батареей через контакты выключателя стартера.

### **Стартеры с дополнительными встроенными редукторами и постоянными магнитами**

Редукторы, встраиваемые в стартеры, разделяются на три основных типа: цилиндрический с внешним зацеплением, цилиндрический с внутренним зацеплением и планетарный. Редукторы выполняются одноступенчатыми с прямозубыми шестернями.

Конструкция стартеров с цилиндрическим редуктором с внешним зацеплением представлена на рис. 4.22. Редуктор расположен в корпусе 23 (рис. 4.22). Преимуществом цилиндрического редуктора с внешним зацеплением является технологичность изготовления его зубчатых колес. К недостаткам относится увеличение высоты стартера по сравнению со стартерами без редуктора из-за смещения осей стартерного электродвигателя и привода на 30–50 мм. Появление радиальной нагрузки на вал якоря электродвигателя требует применения подшипников качения.

В стартерах с цилиндрическими редукторами, имеющими внутреннее зацепление, меньше смещение осей электродвигателя и привода, что облегчает компоновку стартера на двигателе. Недостатки – повышенная сложность изготовления зубчатых колес, присутствие радиальной нагрузки на вал электродвигателя.

Планетарный редуктор между приводом и валом электродвигателя (рис. 4.23) состоит из внешнего зубчатого колеса, закрепленного в корпусе 9 редуктора, в котором в подшипнике вращается водило 10 с зубчатыми колесами (сателлитами) 11. Планетарный редуктор обеспечивает соосность осей электродвигателя и привода, чем упрощается компоновка стартера на двигателе взамен стартеров без дополнительного редуктора. Планетарный редуктор не создает радиальную нагрузку на вал электродвигателя, что дает возможность применять для вала якоря подшипники скольжения. Технология изготовления деталей таких редукторов сложнее, однако сборка проще благодаря соосности основных узлов стартера.

Внешнее зубчатое колесо изготавливается из пластмассы типа Полиамид-66, иногда с добавками графита или методом порошковой металлургии. Сателлиты, прессованные из порошкового материала, вращаются на осях в подшипниках скольжения или в игольчатых подшипниках. Последние предпочтительнее, так как обеспечивают больший КПД редуктора. Ось сателлита одновременно является внутренней обоймой игольчатого подшипника. Это предъявляет высокие требования к материалу и точности изготовления осей. Центральное зубчатое колесо выполняется как одно целое с валом якоря или может быть съемным.

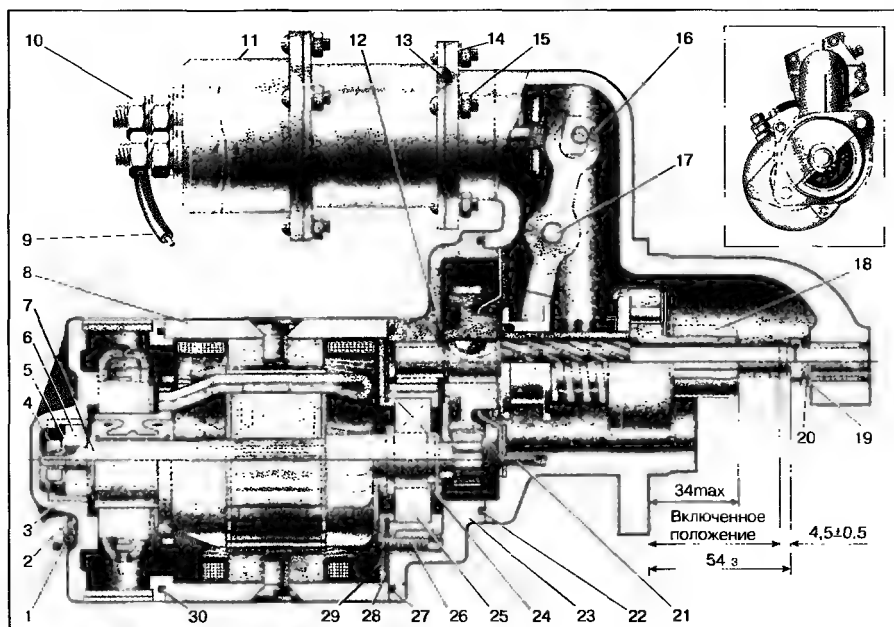


**Рис. 4.22. Конструкция стартера со встроенным цилиндрическим редуктором с внешним зацеплением:**

1, 14 – пружинные шайбы; 2 – стяжной болт; 3 – крышка со стороны коллектора; 4, 15 – гайки; 5 – шайба стопорная; 6, 25 – шарикоподшипники; 7 – якорь в сборе; 8 – корпус в сборе; 9 – перемычка; 10 – гайка контактного болта тягового реле; 11 – тяговое реле; 12 – шайба; 13, 22, 27, 30 – уплотнительные кольца; 16 – рычаг в сборе; 17 – ось рычага; 18 – шестерня привода; 19 – упорная шайба; 20 – регулировочная шайба; 21, 26 – винты; 23 – корпус редуктора в сборе; 24 – кольцо; 28 – регулировочная прокладка; 29 – крышкв подшипника

Для получения минимальных механических потерь и обеспечения высокого срока службы предъявляются повышенные требования к точности изготовления зубчатых колес и других деталей редуктора. С той же целью применяют высококачественные смазочные материалы. Передаточное отношение редуктора обычно составляет 3–5.

Якорь стартера с редуктором имеет конструктивные особенности. Обмотка якоря пропитана компаундом, уменьшающим вероятность его разноса. В связи с повышенной частотой вращения якорь обязательно подвергается динамической балансировке. Для снижения потерь на гистерезис и вихревые токи пакет якоря собирают из пластин тонколистовой (толщина 0,5 мм) электротехнической стали.

В связи с уменьшенной металлоемкостью и повышенной удельной мощностью стартеры с редуктором обладают большей тепловой напряженностью по сравнению со стартерами без редуктора.

Наиболее ответственным в стартерах с редуктором является щеточно-кол-

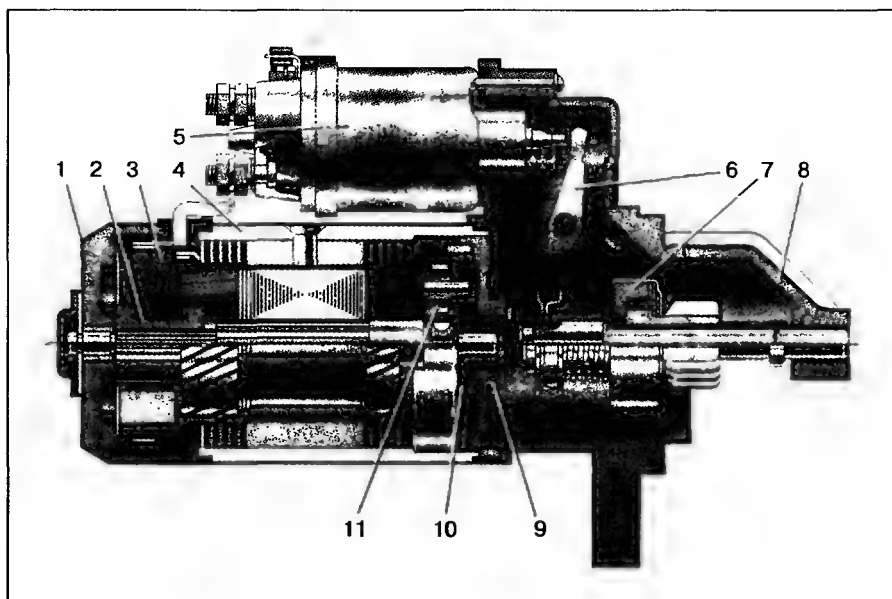


**Рис. 4.23. Электростартер с планетарным редуктором:**

1 – крышка со стороны коллектора; 2 – коллектор; 3 – щеткодержатель; 4 – корпус стартера; 5 – тяговое реле; 6 – рычаг включения привода; 7 – муфта свободного хода; 8 – крышка со стороны привода; 9 – корпус редуктора с солнечной шестерней; 10 – водило; 11 – шестерни-сателлиты

лекторный узел. Плотность тока на щетках из-за увеличения быстроходности и уменьшенной длины якоря в режиме максимальной мощности в 1,5–2,5 раза превышает плотность тока у обычных стартеров. В таких условиях требуется применение специальных щеток, имеющих на сбегающем крае повышенное содержание графита. Это увеличивает сопротивление коммутируемой цепи, улучшает коммутацию. Кроме того, применяется сдвиг щеток против направления вращения на 0,3–0,5 коллекторного деления. В итоге обеспечивается уменьшение изнашивания щеток и коллектора до уровня стартеров без редукторов.

Стартер на рис. 4.23 имеет электромагнитное возбуждение, а некоторые современные стартеры мощностью 1–2 кВт – возбуждение от постоянных магнитов. Используются постоянные магниты из феррита стронция, которые имеют повышенную коэрцитивную силу по сравнению с магнитами из феррита бария. Повышенная коэрцитивная сила увеличивает стойкость магнитов против размагничивания реакцией якоря в момент включения стартера, когда действует сила тока короткого замыкания. Для повышения стойкости к размагничиванию применяют специальную обработку сбегающего участка магнита, приводящую к дополнительному местному повышению коэрцитивной силы, увеличивают число полюсов до шести или применяют экранирование сбегающей части полюса магнитным шунтом, замыкающим часть магнитного потока якоря.

Стартер имеет массу на 30–50% меньшую, чем стартеры обычной конструкции, за счет повышения частоты вращения вала электродвигателя в 3–5 раз. Однако встраиваемый редуктор несколько увеличивает длину по оси стартера. Для ограничения длины применяют укороченный привод, в котором функцию буферной пружины выполняет пружинный рычаг, или располагают буферную пружину в тяговом реле стартера. Кроме того, длину стартеров мощностью 2–2,5 кВт уменьшают за счет углубления ступицы крышки со стороны коллектора и размещения вкладыша вала в цилиндрической выемке в торце коллектора.

Стартер с редуктором, особенно планетарным, более сложен. Он имеет большее количество деталей и более трудоемок в изготовлении. Снижение трудоемкости достигается автоматизацией изготовления ряда деталей, сборки узлов и всего стартера.

При мощности до 1 кВт редуктор в стартер встраивают редко, так как усложнение конструкции не компенсируется малым снижением металлоемкости. Стартеры такой мощности выполняются с возбуждением от постоянных ферростронциевых магнитов. Появились стартеры с возбуждением от постоянных магнитов высокой энергии, изготовленных из сплава железо–неодим–бор. Такие магниты называются «Магнаквенч». Стартер без редуктора с магнитами железо–неодим–бор существенно меньше по массе и объему стартера с электромагнитным возбуждением. Энергия магнитов «Магнаквенч» лежит в пределах 100–290 кДж/м<sup>3</sup>, тогда как у магнитов из феррита стронция – 22–30 кДж/м<sup>3</sup>. Сплав железо–неодим–бор дорог, кроме того, он окисляется на воздухе и восприимчив к воздействию температуры. Для предотвращения окисления изготавливают эпоксидно–клееные магниты, в которых зерна сплава обволакиваются компаундом, герметически изолирующим их от воздействия окружающей среды.

## 4.5. Характеристики электростартеров

Свойства электростартеров оценивают по рабочим и механическим характеристикам. Рабочие характеристики представляют в виде зависимостей напряжения на зажимах стартера  $U_{ст}$ , полезной мощности  $P_2$  на валу, полезного вращающего момента  $M_2$ , частоты вращения якоря  $n_a$  и КПД стартерного электродвигателя от силы тока якоря  $I_a$  (рис. 4.24).

При вращении якоря в его обмотке индуцируется ЭДС:

$$E_a = c_e n_a \Phi,$$

где  $c_e$  – постоянная электрической машины, не зависящая от режима ее работы;

$\Phi$  – магнитный поток, проходящий через воздушный зазор и якорь электродвигателя.

При питании стартера от аккумуляторной батареи ЭДС:

$$E_a = U_H - \Delta U_{щ} - I_a R_a \Sigma = U_H - \Delta U_{щ} - I_a (R_6 + R_{пр} + R_a + R_c),$$



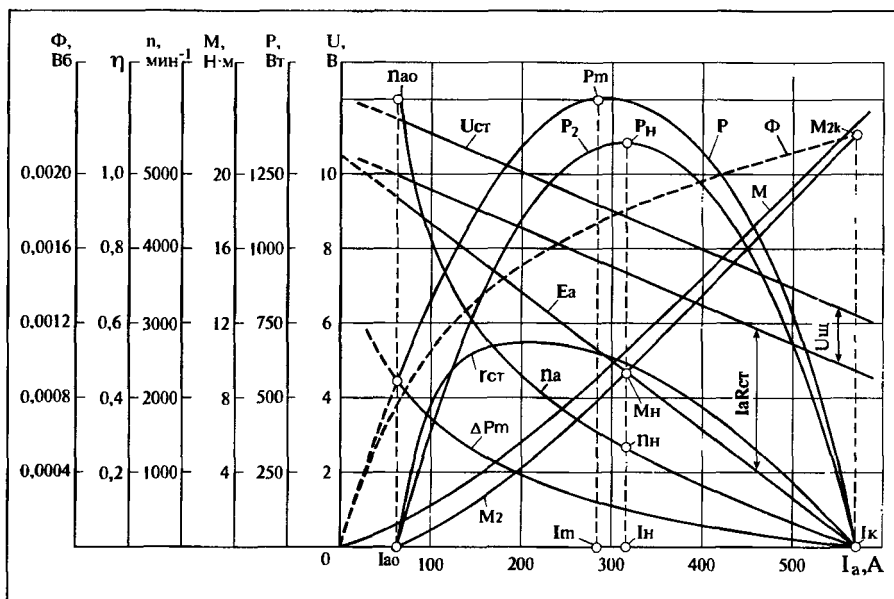


Рис. 4.24. Рабочие характеристики starterного электродвигателя с последовательным возбуждением

где  $\Delta U_{щ}$  — падение напряжения в контактах щетки-коллектор;

$R_{a\Sigma}$  — суммарное сопротивление цепи якоря;

$R_{пр}$  — сопротивление starterной сети;

$R_a$  — сопротивление обмотки якоря;

$R_c$  — сопротивление последовательной обмотки возбуждения.

Частота вращения якоря

$$n_a = \frac{E_a}{c_e \Phi}.$$

С уменьшением нагрузки электродвигателя с последовательным возбуждением магнитный поток  $\Phi$  падает, а  $n_a$  быстро возрастает до значения  $n_{a0}$  при силе тока холостого хода  $I_{a0}$ . В starterах смешанного возбуждения частота вращения в режиме холостого хода ограничивается магнитным потоком параллельной обмотки возбуждения. При уменьшении нагрузки магнитный поток, создаваемый последовательной обмоткой, стремится к нулю, тогда как намагничивающая сила параллельной обмотки и создаваемый ею магнитный поток даже немного увеличиваются.

$$M = c_M I_a \Phi,$$

где  $c_M$  – постоянная электрической машины.

В электродвигателях с последовательным возбуждением через обмотку возбуждения проходит весь ток якоря  $I_a$ , поэтому магнитный поток возрастает с увеличением нагрузки стартера. При одинаковых номинальных параметрах электродвигателей с параллельным и последовательным возбуждением последние развивают большие полезные моменты  $M_{2K}$  в режиме полного торможения. Это улучшает их тяговые свойства, облегчает трогание системы стартер–двигатель с места и раскручивание коленчатого вала при пуске двигателя при низких температурах.

Подводимая к стартеру мощность за вычетом электрических потерь преобразуется в электромагнитную мощность:

$$P = \frac{\pi n_a M}{30} = E_a I_a.$$

Максимальная электромагнитная мощность

$$P_m = \frac{(U_n - \Delta U_{щ})^2}{4 R_{a\Sigma}}.$$

Зависимость электромагнитной мощности от силы тока представляет собой симметричную параболу с максимальным значением при силе тока  $I_m$ , равной половине тока  $I_K$  полного торможения.

Полезная мощность  $P_2$  на валу электродвигателя меньше электромагнитной на величину суммы  $\Delta P_M$  механических потерь в подшипниках, в щеточно–коллекторном узле и магнитных потерь в пакете якоря.

Полезный вращающий момент на валу электродвигателя

$$M_2 = \frac{30 P_2}{\pi n_a}.$$

Сила тока, потребляемого электродвигателем со смешанным возбуждением

$$I = I_a + I_s,$$

где  $I_s = U_{CT} / R_s$  – сила тока в параллельной обмотке возбуждения;

$R_s$  – сопротивление параллельной обмотки возбуждения.

Подводимая к стартерному электродвигателю мощность

$$P_1 = U_{CT} I.$$

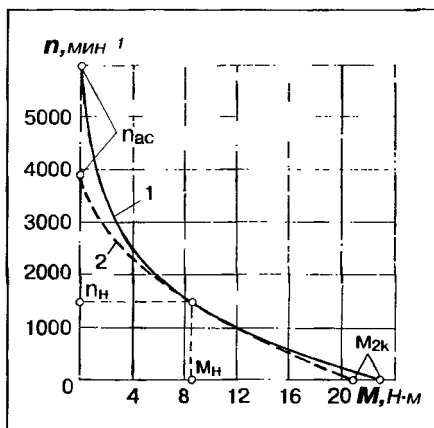


**Рис. 4.25. Механические характеристики стартерных электродвигателей:**  
1 – с последовательным возбуждением; 2 – со смешанным возбуждением

КПД стартерного электродвигателя

$$\eta_{ст} = \frac{P_2}{P_1}$$

Механические характеристики электростартеров обычно представляют в виде зависимости вращающего момента  $M_2$  от частоты вращения якоря  $n_a$  (рис. 4.25).

При снижении напряжения на выводах аккумуляторной батареи и стартера, в связи с понижением температуры или увеличением сопротивления стартерной сети при той же силе тока  $I_a = ЭДС E_a$ , частота вращения  $n_a$  и мощность  $P_2$  электродвигателя уменьшаются (рис. 4.26, а). При той же частоте вращения  $n_a$  уменьшается вращающий момент  $M_2$  (рис. 4.26, б).

Влияние электросопротивления источника электроснабжения и стартерной сети на рабочие и механические характеристики стартерных электродвигателей требует однозначного указания условий, при которых определяется номинальная мощность стартера. Номинальной считают наибольшую полезную мощность  $P_n$  в кратковременном режиме работы при электроснабжении от аккумуляторной батареи максимальной допустимой емкости, установленной в технических условиях на стартер, при степени заряженности батареи 100 %, температуре электролита +20°C, при первой по-

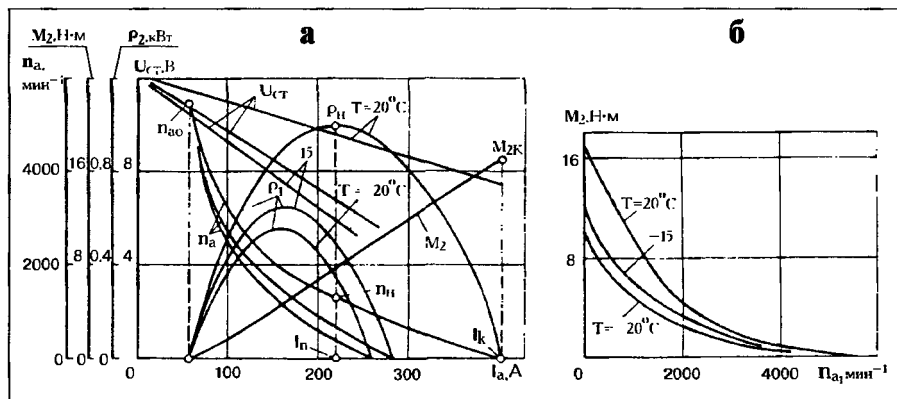


**Рис. 4.26. Характеристики стартерных электродвигателей при различных температурах:**  
а – рабочие; б – механические

пытке пуска двигателя, без учета падения напряжения в стартерной сети. Номинальной мощности соответствуют сила тока  $I_n$ , частота вращения  $n_n$  и вращающий момент  $M_n$ .

Пусковая мощность  $P_n$  определяется как наибольшая полезная мощность в кратковременном режиме работы при электропитании от батареи, заряженной на 75%, при температура  $-20^\circ\text{C}$  в конце третьей попытки пуска двигателя с учетом падения напряжения в проводке.

Напряжение на выводах стартерного электродвигателя при определении номинальной мощности рассчитывается по формуле:

$$U_{CT} = U_n \left( 1 - a_6 \frac{I}{C_{20}} \right),$$

где  $a_6$  – коэффициент, принимаемый равным 0,05 для батарей емкостью  $C_{20} < 100$  А·ч, а также 0,038 и 0,046 соответственно для батарей 6СТ–55ЭМ и 6СТ–190ТР.

Частоту вращения коленчатого вала двигателя электростартером  $n^*$  в различных условиях пуска определяют по точкам пересечения зависимостей момента сопротивления двигателя  $M_c$  и приведенного к коленчатому валу вращающего момента стартера  $M^*$  от частоты вращения коленчатого вала  $n$  (рис. 4.27, а). Минимальную температуру пуска  $T_{\min}$  определяют при совмещении на одном графике зависимостей частоты вращения коленчатого вала электростартером  $n^*$ , минимальной пусковой частоты вращения  $n_{\min}$  от температуры  $T$  окружающей среды (рис. 4.27, б).

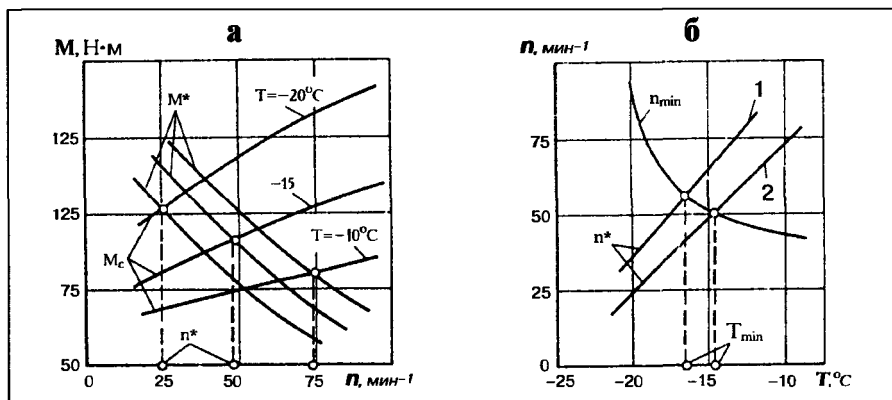


**Рис. 4.27. Характеристики работы системы электростартерного пуска на двигателе автомобиля ГАЗ–31029:**

а – схема для определения минимальной температуры пуска; б – совмещенные механические характеристики стартера СТ230–Б и характеристики сопротивления двигателя при использовании масла М8 В1; 1 – стартер СТ230–Б, аккумуляторная батарея 6СТ–60; 2 – стартер СТ221, аккумуляторная батарея 6СТ–55

## 4.6. Схемы управления электростартерами

Схемы внутренних соединений электростартеров с последовательным и смешанным возбуждением с использованием одно- и двухобмоточных тяговых реле приведены на рис. 4.28.

Однообмоточное тяговое реле подключается к аккумуляторной батарее GB (рис. 4.29, а) переводом ключа выключателя зажигания 2 с контактами S1 в нефиксированное положение «стартер». Якорь тягового реле втягивается в электромагнит, с помощью рычажного механизма вводит шестерню привода в зацепление с венцом маховика и в конце хода замыкает силовые контакты реле К1 в цепи электродвигателя М.

Силовые контакты замыкаются до полного ввода шестерни в зацепление. Если шестерня упирается в венец маховика, якорь реле продолжает перемещаться вследствие сжатия буферной пружины привода и замыкает силовые контакты. Якорь с шестерней начинают вращаться, и шестерня под действием буфер-

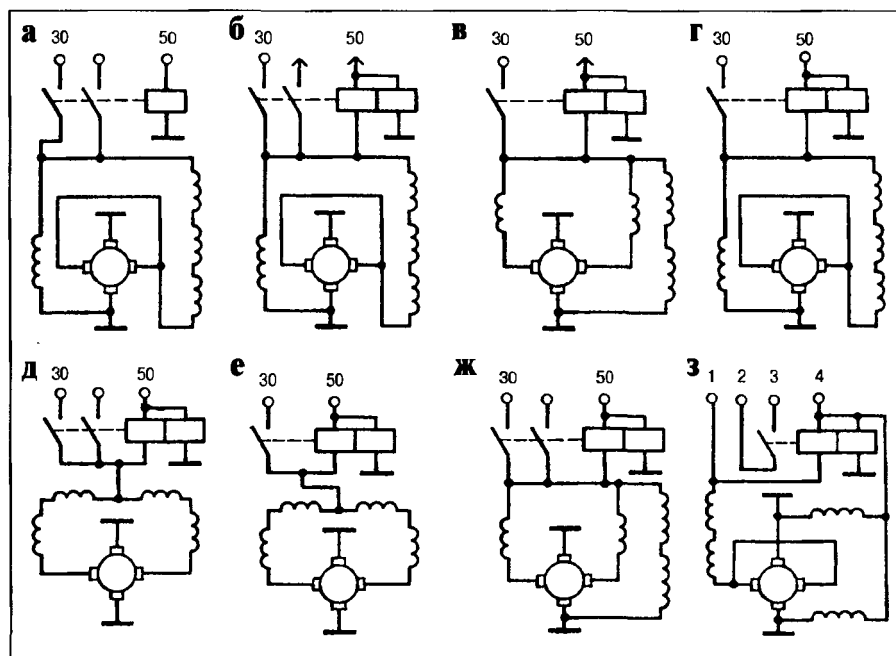


Рис. 4.28. Схемы внутренних соединений электростартеров:

а – СТ368; б – 40.3708, 26.3708, СТ4–А1; в – СТ221; г – 29.3708, 35.3708; д – 42.3708, 421.3708, СТ230–Б3, СТ230–К1; е – СТ230–А1, СТ230–Б1, СТ230–И, СТ402, СТ402–А, СТ402–Б, 25.3708, 25.3708–01, СТ142–Б, 30.3708; ж – СТ2–А, СТ130–А3; з – 16.3708; 1 – к силовым контактам контактора КТ130; 2 – к положительному выводу аккумуляторной батареи; 3 – к обмотке контактора КТ130; 4 – к контактам контактора КТ127

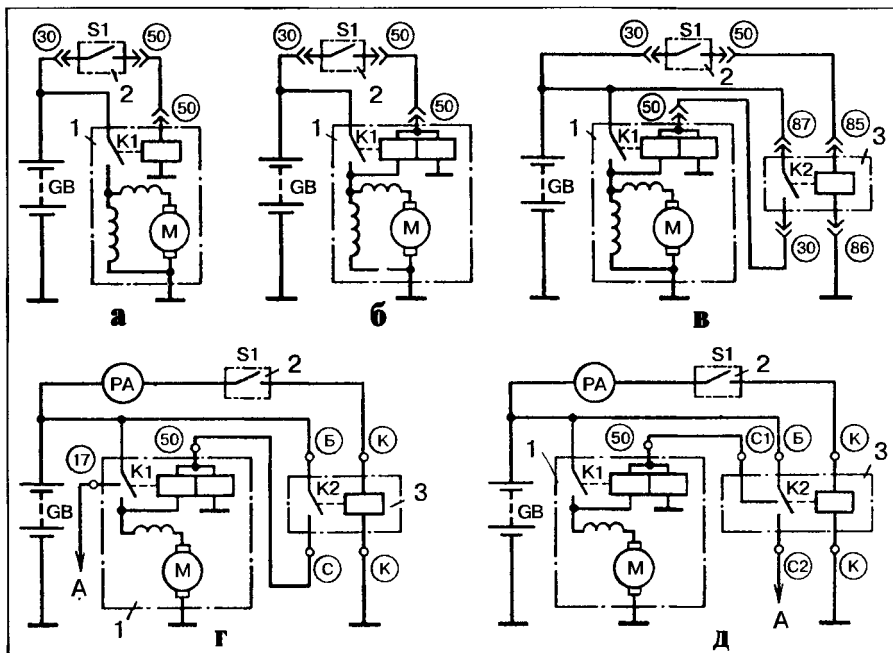


**Рис. 4.29. Схемы управления электростартерами:**

**а** – СТ221 с однообмоточным реле; **б** – СТ221 с двухобмоточным реле; 29.3708 на первых моделях ВАЗ-2108; **в** – 29.3708 на автомобилях ВАЗ-2108, -2109; **г** – СТ130-А3; **д** – СТ230-Б1; 1 – электростартер; 2 – выключатель зажигания и стартера; 3 – дополнительное реле; А – к выводу добавочного резистора

ной пружины входит в зацепление, когда зуб шестерни устанавливается против впадины зубчатого венца маховика. Использование дополнительного усилия в шлицевом соединении вала и направляющей втулки ведущей обоймы роликовой муфты свободного хода для перемещения шестерни позволяет уменьшить тяговое усилие и ход якоря электромагнита, размеры и массу тягового реле.

Для отключения стартера необходимо снять усилие с ключа выключателя зажигания. Ключ автоматически займет положение «Зажигание». При этом якорь отключенного от источника тока тягового реле и приводной механизм под действием пружины возвращаются в исходное положение.

В стартерах с двухобмоточными реле (рис. 4.29, б и в) при замыкании контактов S1 выключателя зажигания 2 ток от батареи проходит через втягивающую и удерживающую обмотки. При замыкании контактов реле K1 втягивающая обмотка замыкается накоротко.

Обмотки тягового релв K1 могут подключаться к источнику тока через контакты вспомогательного реле K2 (рис. 4.29, в, г и д). Дополнительный контакт 17 в тяговом реле или во вспомогательном реле замыкает накоротко добавочный резистор катушки зажигания.

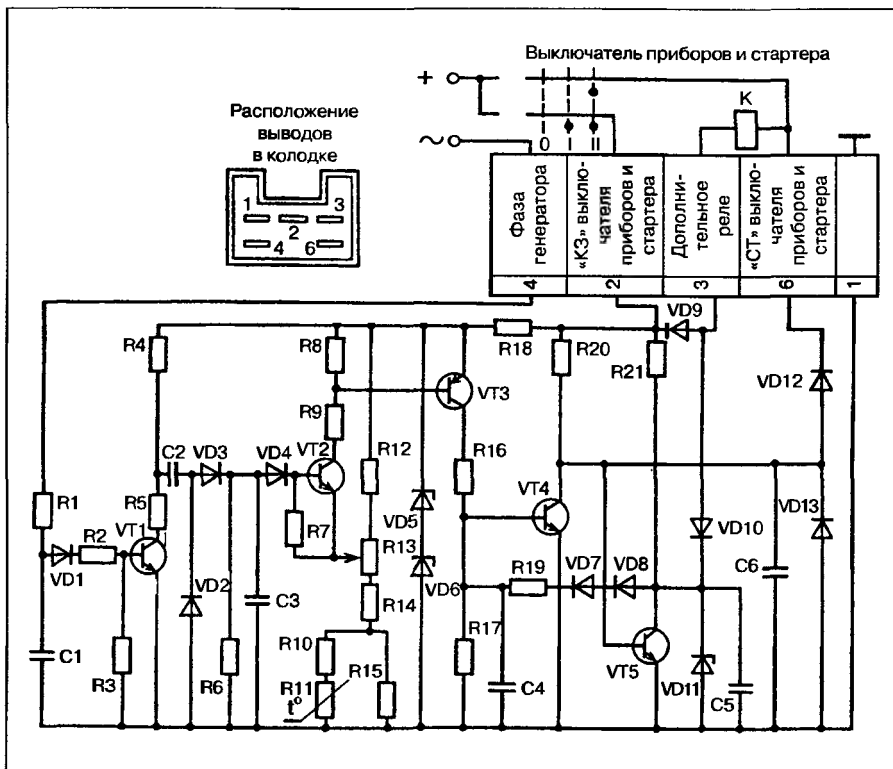


**Рис. 4.30. Электронное устройство 2612.3747 для автоматического отключения и блокировки стартера СТ142-Б:**

VT1, VT2, VT4, VT5 – транзисторы КТ630А; VT3 – транзистор КТ3107Б; VD1, VD2, VD3, VD4, VD7, VD8, VD9, VD12, VD13 – диоды КД102А; VD10 – диод КД209А; VD5, VD6 – стабилитроны ДВ14А; VD11 – стабилитрон ДВ16Д; конденсаторы: C1 – 0,05 мкФ; C2 – 0,22 мкФ; C3 – 0,47 мкФ; C4 – 0,05 мкФ; C5 – мкФ; C6 – 0,05 мкФ; резисторы: R1, R2 – 3 кОм; R3, R8 – 10 кОм; R4 – 5,6 кОм; R5 – 100 Ом; R6 – 39,2 кОм; R7 – 22 кОм; R9, R11, R15, R16, R19 – 2,2 кОм; R10 – 470 Ом; R12 – 33 кОм; R13 – 1 кОм; R14 – 470 Ом; R17 – 4,7 кОм; R18 – 680 Ом; R20 – 1 кОм; R21 – 8,2 кОм

В рассмотренных схемах управления после пуска двигателя следует немедленно выключить стартер, так как при длительном вращении ведомой обоймы с шестерней привода возможно заклинивание роликовой муфты свободного хода и повреждение якоря. Включение стартера при работе двигателя может привести к повреждению зубьев шестерни и венца маховика или выходу из строя муфты свободного хода.

Надежность системы пуска и срок службы стартера можно повысить за счет автоматизации отключения стартера после пуска двигателя и блокировки его включения при работе двигателя.

Электронное устройство 2612.3747 (рис. 4.30) автоматического отключения и блокировки включения стартера содержит блок управления и датчик частоты вращения коленчатого вала. Блок управления настроен на частоту вращения, при которой стартер должен отключаться. Частота эта должна быть больше максимально возможной пусковой частоты вращения коленчатого вала электро-стартером и меньше минимальной частоты вращения коленвала в режиме прогрева двигателя после пуска.

При пуске двигателя выключатель приборов и стартера переводится в положение «стартер», транзистор VT5 открывается (первое устойчивое состояние триггера на транзисторах VT4 и VT5) и подключает к аккумуляторной батарее вспомогательное реле, которое включает стартер. При вращении коленчатого вала двигателя через вход 4 штекерного разъема на электронное устройство подается синусоидальное напряжение от фазы генератора, которое транзистором VT1 преобразуется в прямоугольные импульсы нормированной амплитуды. С помощью резисторов R1, R2, R3 и конденсатора C1 ограничивается входное напряжение и отфильтровываются импульсные помехи во входных цепях.

Прямоугольные импульсы заряжают конденсатор C3 преобразователя частота-напряжение. Чем больше частота входного сигнала (частота вращения коленчатого вала двигателя), тем меньше промежутки времени между импульсами и разряд конденсатора C2. При определенной частоте вращения коленчатого вала напряжение на конденсаторе C3 превышает опорное напряжение на резисторе R10–R15, транзисторы VT2 и VT3 открываются и триггер переводится во второе устойчивое состояние, когда транзистор VT4 открыт, а транзистор VT5 закрыт. Вспомогательное реле обесточивается и отключает стартер. Диоды VD10, VD13 и конденсаторы C5, C6 обеспечивают надежное закрытие транзисторов VT5 и VT4.

Терморезистор R11 изменяет частоту вращения вала двигателя, при которой стартер должен отключаться, в соответствии с изменением температуры окружающего воздуха. Повторное включение стартера после первой неудачной попытки пуска возможно только после предварительного перевода ключа выключателя зажигания в положение «Выключено».

## 4.7. Система стоп-старта

Система стоп-старта выполняет функции автоматического управления остановкой и пуском двигателя, обеспечивая дополнительную экономию топлива за счет сокращения длительности работы двигателя в режиме холостого хода при остановке автомобиля и при медленном его движении с установленным в нейтральном положении рычагом коробки передач. Система начинает автоматически функционировать в том случае, если первоначальный пуск был осуществлен пусковой системой с электростартером и двигатель прогрет до температуры охлаждающей жидкости 65–100°C.

Система стоп-старта (рис. 4.31) выключает зажигание и отключает подачу топлива, останавливая двигатель при скорости движения автомобиля менее 5 км/ч



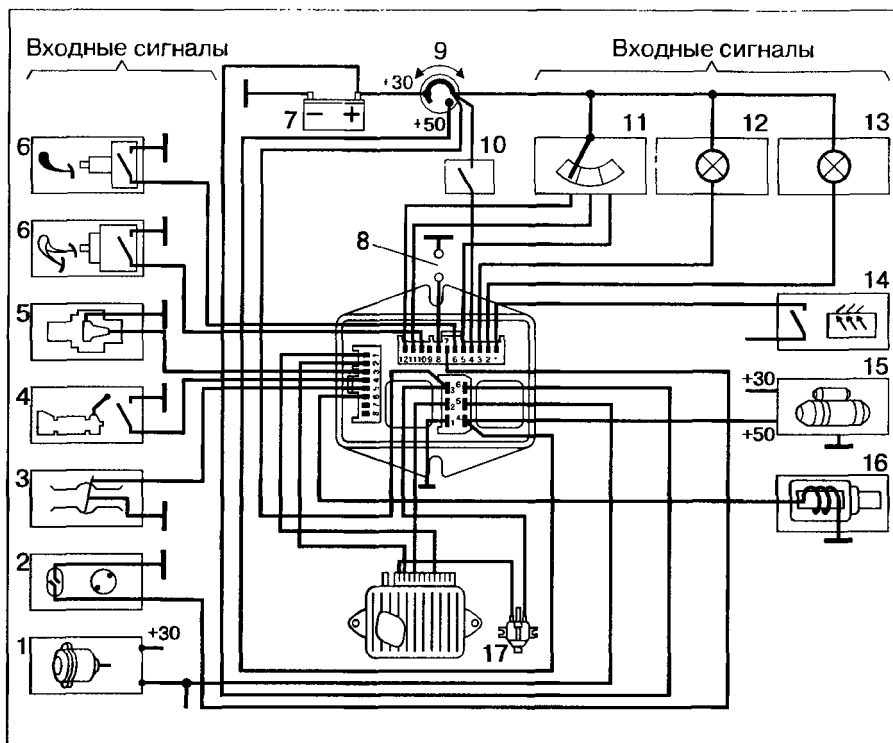


**Рис. 4.31. Схема системы стоп-старта:**

1 - генератор; 2 - датчик тахометра; 3 - датчик положения дроссельной заслонки; 4 - датчик нейтрального положения коробки передач; 5 - датчик температуры охлаждающей жидкости; 6 - датчик положения педали сцепления (отпущена, выжата); 7 - аккумуляторная батарея; 8 - испытательные точки; 9 - выключатель зажигания; 10 - переключатель работы системы; 11 - эконометр; 12 - контрольная лампа системы; 13 - контрольная лампа остановки двигателя; 14 - цепь обогрева стекла; 15 - стартер; 16 - выключатель подачи топлива; 17 - катушка зажигания

на нейтральной передаче и выключенном сцеплении. Для продолжения движения водитель нажимает на педаль дроссельной заслонки; при этом автоматически осуществляется пуск двигателя.

Стартер и цепь зажигания включаются системой стоп-старта, если двигатель остановлен, с момента остановки двигателя прошло не менее 0,6 с и педаль сцепления выжата, а также при скорости движения автомобиля менее 10 км/ч.

Функционирование системы обеспечивают датчики температуры охлаждающей жидкости, скорости движения автомобиля, положения педали сцепления, дроссельной заслонки и рычага переключения передач.

К недостаткам системы стоп-старта относятся увеличение количества включений стартера и повышенное потребление энергии от аккумуляторной батареи.

## **4.8. Правила эксплуатации и техническое обслуживание электростартеров**

### **Правила эксплуатации стартеров**

Надежная и безотказная работа стартера обеспечивается при выполнении правил эксплуатации и технического обслуживания. Основным фактором, определяющим срок службы стартера, является интенсивность эксплуатации, которую оценивают по числу включений на 100 км пробега автомобиля. Включение стартера не обязательно сопровождается успешным пуском двигателя. Общее число включений стартера зависит не только от числа остановок двигателя, но и от его пусковых качеств.

Электростартеры потребляют токи большой силы и рассчитаны на кратковременные режимы работы. Продолжительность непрерывной работы стартера при неудачных попытках пуска двигателя не должна превышать 10–20 с ввиду возможного перегрева обмоток и нарушения электрического контакта в местах соединений. При неудачном пуске с первой попытки стартер следует включать повторно через 1–2 мин. После неудачного пуска двигателя перед повторным включением стартера нужно убедиться в полной остановке двигателя. Если двигатель не пускается после трех попыток, то нужно проверить состояние и устранить возможные неисправности в системе электроснабжения или зажигания. Стартер следует выключать сразу после пуска двигателя. Длительное вращение шестерни маховиком может привести к заклиниванию муфты свободного хода привода, резкому увеличению частоты вращения и выходу из строя электродвигателя стартера.

Категорически запрещается приводить автомобиль в движение с помощью стартера, так как при этом он подвергается перегрузкам.

### **Проверка технического состояния**

При техническом обслуживании проверяют крепление стартера на двигателе и надежность состояния наконечников проводов на выводах аккумуляторной батареи и на контактных болтах тягового реле. При большой силе потребляемого стартером тока даже незначительное переходное сопротивление в цепи электроснабжения стартерного электродвигателя приводит к значительному падению напряжения и снижению мощности стартера.

После определенного пробега автомобиля (на автомобилях ВАЗ моделей 2108 и 2109 через 45 тыс. км пробега, на автомобилях МАЗ моделей 64227, 54322 через 45–50 тыс. км) при очередном ТО–2 (лучше при подготовке к зимней эксплуатации) рекомендуется снять стартер с двигателя, разобрать, очистить детали от грязи, продуть сжатым воздухом и проверить техническое состояние якоря, щеточно–коллекторного узла, обмоток возбуждения, механизма привода, крышек и тягового реле.

Наличие межвитковых замыканий обмотки якоря на сердечник и катушек возбуждения на корпус проверяют на приборе Э236, мегомметром или с помощью контрольной лампы напряжением 220 В. Контрольная лампа не должна гореть при подключении ее к источнику электроснабжения через любую пластину коллектора и сердечник якоря. Мегомметр должен показывать сопротивле–

ние не менее 10 кОм. Проверку якоря на межвитковое замыкание или на замыкание пластин коллектора можно проводить с помощью портативного дефектоскопа ПДО-1.

На поверхности шлицев и цапф вала якоря не должно быть задиров, забоин и продуктов изнашивания. Следы бронзы (желтого цвета) от втулки шестерни удаляют мелкозернистой шлифовальной шкуркой, иначе они могут стать причиной заедания шестерни на валу. Биение сердечника якоря относительно цапф вала должно быть не более 0,08, 0,1 и 0,25 мм соответственно для стартеров СТ221, 26.3708 и СТ230-А1.

Особое внимание следует обращать на состояние коллектора и щеток. Рабочую поверхность коллектора осматривают. Биение коллектора относительно цапф вала не должно превышать 0,06 мм у стартера СТ221 и 0,05 мм у стартеров 26.3708 и СТ230-А1. Рабочая поверхность должна быть гладкой и не должна иметь следов подгорания. Загрязненную, окисленную или подгоревшую поверхность коллектора протирают чистой ветошью, смоченной бензином. При необходимости коллектор зачищают мелкозернистой шлифовальной шкуркой или протачивают на токарном станке до допустимого минимального диаметра: 38,2 мм – для СТ130; 43 мм – для СТ230; 53 мм – для СТ142.

Подвижность щеток в щеткодержателях проверяют с помощью крючка, которым приподнимают пружину и, слегка потянув за канатики щетки, перемещают ее в щеткодержателе. Щетки должны перемещаться свободно, без заеданий. Проверяют и при необходимости подтягивают крепление наконечников щеточных канатиков к щеткодержателям. Контрольной лампой напряжением 220 В выявляют замыкания щеткодержателей на корпус.

Изнюженные щетки заменяют новыми. Допустимая высота щеток в стартерах приведена в табл. 4.1.

Для снятия щеток в стартерах с цилиндрическими коллекторами необходимо отвернуть винты крепления наконечников щеточных канатиков к щеткодержателям. Щетки следует вынуть крючком из щеткодержателей после освобождения их от нажатия щеточных пружин. При установке новых щеток необходимо предварительно отвести концы щеточных пружин в стороны. Концы пружин должны нажимать на середину щетки. В случае уменьшения усилия  $F_{щ}$  щеточных пружин более чем на 25% номинального значения необходимо заменить пружину. Для увеличения усилия пружины в коробчатых щеткодержателях можно подогнуть кронштейн подвески спиральной пружины. Усилие щеточных пружин измеряют динамометром в момент отрыва пружины от щетки.

Механизм привода с роликовой муфтой свободного хода должен легко перемещаться по направлению к подшипнику крышки со стороны привода и возвра-

Таблица 4.1. Допустимая высота щеток

| Электростартер              | 26.3708 | СТ<br>117-А | СТ<br>221 | СТ<br>230-А1 | СТ<br>130-А3 | СТ<br>142-Б | СТ<br>103-А-01 |
|-----------------------------|---------|-------------|-----------|--------------|--------------|-------------|----------------|
| Допустимая высота щетки, мм | 9       | 10          | 12        | 5            | 6-7          | 13          | 14             |

щаться в исходное положение силой пружины. Если перемещение привода затруднено, часть вала, к которой имеется доступ через окно в крышке, очищают от грязи и покрывают пластичной смазкой ЦИАТИМ–201, –202 или –203. В случае заедания муфты привода после смазывания или ее пробуксовывания стартер следует разобрать, а муфту заменить. Винтовые шлицы вала якоря, втулки обеих крышек и шестерню привода стартеров СТ221 и 29.3708 рекомендуется смазывать моторным маслом. Поводковое кольцо привода стартера смазывают пластичной смазкой Литол–24.

В случае затрудненного перемещения храпового привода в стартерах СТ142–Б, СТ142–Б1, 25.3708 часть вала в доступном месте также покрывают смазкой ЦИАТИМ–203 или –221. Если после смазывания дефект не устраняется, следует проверить состояние шлицевой накатки вала якоря и втулки привода. Храповая муфта может пробуксовывать в результате заедания ведущего храповика на шлицах втулки. Для устранения пробуксовывания муфту разбирают и ее детали промывают бензином. Перед сборкой детали муфты смазывают моторным маслом.

На зубьях шестерни привода не должно быть сколов и выкрашиваний. Забоины на заходной части зубьев шлифуют мелкозернистым шлифовальным кругом малого диаметра.

Крышки стартера проверяют на наличие трещин и степень изнашивания втулок. Если втулки сильно изношены, то заменяют их или крышку в сборе. Проверяют крепление щеткодержателей на крышке со стороны коллектора. При установке крышки со стороны коллектора на место щеточно–коллекторный узел рекомендуется продуть сжатым воздухом.

Исправность обмоток тяговых реле стартеров определяют по результатам измерения их сопротивления с помощью омметра или вольтметра и амперметра. В случае неисправности обмотки реле заменяют. При снятой крышке реле осматривают силовые контакты. Изношенные или подгоревшие контакты зачищают мелкозернистой шлифовальной шкуркой. При значительном износе или подгорании контактные болты поворачивают на 180° вокруг оси или заменяют. Изношенную контактную пластину можно повернуть к контактным болтам неизношенной стороной. Якорь тягового реле должен свободно перемещаться в корпусе.

Техническое состояние стартера оценивают по параметрам режимов холостого хода и полного торможения. Испытание стартера можно проводить на стендах моделей Э211, Э240, 532–М, 532–2М, КИ968 и др. При тугом вращении якоря, вызванном перекосами его при сборке, загрязнением, отсутствием смазочного материала или износом подшипников, ослаблением крепления

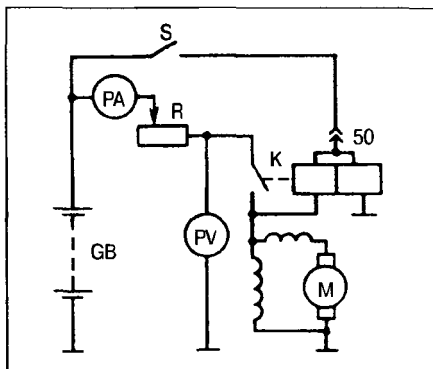


Рис. 4.32. Схема для проверки стартера на стенде

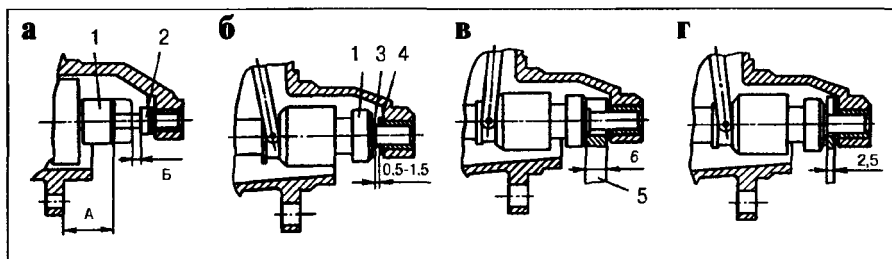
полюсов и задеванием за них якоря, возрастает сила тока и уменьшается частота вращения якоря в режиме холостого хода. Причиной повышенной силы тока и отсутствия вращения якоря может быть замыкание на «массу» в обмотках якоря и возбуждения, замыкание контактных болтов тягового реле или изолированного щеткодержателя. В случае межвиткового замыкания в обмотках якоря или возбуждения в режиме полного торможения сила тока будет больше, а вращающий момент меньше значений, указанных в технической характеристике стартера.

Схема для проверки стартеров автомобилей ВАЗ на стенде приведена на рис. 4.32. Сила тока измеряется амперметром РА, а напряжение—вольтметром PV.

### Регулировка стартеров

После проверки и устранения неисправностей стартер необходимо отрегулировать. В стартерах с роликовой муфтой свободного хода, например, СТ230–Б, проверяют расстояние Б (рис. 4.33, а) между торцом шестерни и упорным кольцом на валу, которое при включенном тяговом реле должно составлять 3–5 мм. Для включения тягового реле к корпусу реле присоединяют аккумуляторную батарею номинальным напряжением 12 В. При регулировке расстояние Б изменяют поворотом эксцентричной оси рычага включения привода. После регулировки необходимо затянуть гайку оси. В выключенном положении тягового реле шестерню устанавливают на расстоянии А=34 мм (см. рис. 4.33, а) от привалочной плоскости фланца крышки со стороны привода. В некоторых стартерах при включенном тяговом реле зазор между торцом шестерни и упорной втулкой на валу, равный 3,5–5,5 мм, регулируют поворотом шпильки, ввернутой в якорь тягового реле.

Для регулировки тягового реле стартера СТ142–Б к выводу и корпусу стартера подключают аккумуляторную батарею напряжением 24 В. При втянутом якоре зазор между упорной шайбой и втулкой привода должен составлять 0,5–1,5 мм (рис. 4.33, б). Контакты реле при этом находятся в замкнутом состоянии. Для контроля замыкания контактов в цепь между положительным выводом аккумуляторной батареи и контактным болтом реле стартера включают лампу напряжением 24 В, между шестерней и шайбой на валу якоря устанавливают прокладку толщиной 6 мм (рис. 4.33, в). При подключении тягового реле к аккумуляторной батарее шестерня под действием усилия тягового реле прижимается к



4.33. Схемы регулировки стартеров:

а — СТ230–Б; б–г — СТ142–Б; 1 — шестерня привода; 2 — упорное кольцо; 3 — втулка привода; 4 — упорная шайба; 5 — прокладка

поверхности прокладки, но контакты реле не должны замыкаться (контрольная лампа не горит). При установке между втулкой привода и шайбой прокладки толщиной 2,5 мм (рис. 4.33, г) контакты включенного реле должны замкнуться. Если лампа не загорается, стартер регулируют поворотом эксцентриковой оси рычага, на которой установлен регулировочный диск с двумя отверстиями. После установки регулировочного диска в новое положение снова проверяют регулировку реле стартера.

**Таблица 4.2. Основные неисправности стартеров, способы их обнаружения и устранения**

| Причина неисправности                                                                                                                                                                                                                              | Способ обнаружения                                                                                                                                                                                                                                      | Способ устранения                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Стартер и тяговое реле не включаются</b>                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                     |
| Неисправность (сульфатация, электродов, короткое замыкание электродов и т.д.) или сильная разряженность батареи                                                                                                                                    | Определение степени заряженности батареи по плотности электролита. Проверка технического состояния батареи аккумуляторным пробником                                                                                                                     | Разряженную батарею зарядить, неисправную отремонтировать или заменить                                                                                              |
| Нарушение контактов в соединениях, обрыв проводов в цепях электроснабжения и управления стартером                                                                                                                                                  | Проверка состояния контактов в местах соединения провода с выводами аккумуляторной батареи, электростартера и реле                                                                                                                                      | Затянуть ослабленные соединения в цепях электроснабжения и управления электростартером. Поврежденные провода заменить                                               |
| Окисление полюсных выводов аккумуляторной батареи и наконечников проводов                                                                                                                                                                          | Осмотр состояния полюсных выводов батареи и наконечников проводов                                                                                                                                                                                       | Окисленные выводы батареи и наконечники стартерных проводов зачистить шлифовальной шкуркой со стеклянным покрытием, плотно затянуть и смазать техническим вазелином |
| Нарушение в работе реле включения, выключателя зажигания (выключатель приборов и стартера) или выключателя «массы»: выход из строя контактных систем, обрыв, межвитковое замыкание и замыкание на «массу» обмоток реле и выключателя «массы» и др. | Подключение электростартера непосредственно к аккумуляторной батарее. Срабатывание тягового реле и включение электростартера указывает на неисправность реле включения, выключателя зажигания (выключателя приборов и стартера) или выключателя «массы» | Неисправные реле включения, выключатель зажигания (выключатель приборов и стартера), выключатель «массы» проверить, при необходимости отремонтировать или заменить  |

Продолжение табл. 4.2.

| Причина неисправности                                                                                                                                                                                   | Способ обнаружения                                                                                                                                                                                                              | Способ устранения                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Нарушение в работе тягового реле электростартера: обрыв обмоток, межвитковое замыкание во втягивающей обмотке и замыкание ее на «массу», заедание или смещение контактного диска, заедание якоря и т.п. | Проверка работы тягового реле. Электродвигатель стартера не вращается при обычном подключении стартера к аккумуляторной батарее и вращается при замыкании контактных болтов на тяговом реле шиной или проводом большого сечения | Разобрать и по возможности устранить неисправность, при необходимости заменить                                                                           |
| Короткое замыкание в обмотках стартера                                                                                                                                                                  | Проверка стартера на замыкание обмоток на «массу» прибором ЗЗ36, мегомметром или контрольной лампой                                                                                                                             | При наличии короткого замыкания в обмотках электростартер отремонтировать или заменить                                                                   |
| <b>Тяговое реле включается, но якорь электростартера не вращается или вращается очень медленно</b>                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                          |
| Сильная разряженность аккумуляторной батареи                                                                                                                                                            | Определение степени разряженности батареи по плотности электролита с помощью плотномера                                                                                                                                         | Зарядить батарею или заменить ее                                                                                                                         |
| Окисление выводов батареи и наконечников стартерных проводов                                                                                                                                            | Проверка состояния выводов батареи и наконечников проводов осмотром                                                                                                                                                             | Окисленные выводы батареи и наконечники проводов зачистить шлифовальной шкуркой со стеклянным покрытием, плотно затянуть и смазать техническим вазелином |
| Слабая затяжка гаек крепления наконечников проводов на контактных болтах тягового реле                                                                                                                  | Проверка затяжки гаек рукой                                                                                                                                                                                                     | Затянуть гайки                                                                                                                                           |
| Нарушения в работе контактной системы тягового реле                                                                                                                                                     | Проверка контактной системы путем замыкания накоротко контактных болтов проводником или шиной большого сечения. Быстрое вращение якоря свидетельствует о неисправности контактной системы тягового реле                         | Снять крышку тягового реле, осмотреть силовые контакты, при необходимости контакты восстановить                                                          |
| Нарушение контакта в                                                                                                                                                                                    | Разборка стартера                                                                                                                                                                                                               | При необходимости                                                                                                                                        |

Продолжение табл. 4.2.

| Причина неисправности                                                                        | Способ обнаружения                                                                                                                                                                                                                  | Способ устранения                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| разъемных соединениях внутри стартера                                                        | (отвернуть стяжные болты, снять крышку со стороны коллектора) и проверка состояния разъемных соединений                                                                                                                             | электростартер<br>отремонтировать                                                                                                                                     |
| Сильное окисление или загрязнение коллектора электродвигателя                                | Внешний осмотр коллектора после снятия крышки со стороны коллектора                                                                                                                                                                 | Окисленный коллектор зачистить мелкозернистой шлифовальной шкуркой со стеклянным покрытием или проточить. Замасленный коллектор протереть ветошью, смоченной бензином |
| Сильный износ щеток                                                                          | Снятие защитного кожуха крышки со стороны коллектора, щеток, измерение высоты щеток, сравнение с допустимой для данного стартера                                                                                                    | Изношенные щетки заменить                                                                                                                                             |
| Зависание щетки в щеткодержателе                                                             | Разборка стартера и проверка легкости перемещения щеток в щеткодержателях                                                                                                                                                           | Зависание щеток устранить очисткой щеток и щеткодержателей                                                                                                            |
| Замыкание на «массу» изолированного щеткодержателя                                           | Проверка замыкания щеткодержателя на корпус контрольной лампой на 220 В. Проверка технического состояния изолированного щеткодержателя и изолирующей прокладки. Выявление наличия в щеточно-коллекторном узле посторонних предметов | Устранить причину замыкания на «массу» изолированного щеткодержателя. Поврежденную изолирующую прокладку заменить                                                     |
| Ослабление пружин щеткодержателей                                                            | Проверка усилия щеточных пружин на щетки с помощью динамометра                                                                                                                                                                      | Ослабленные пружины заменить                                                                                                                                          |
| Замыкание на «массу» или межвитковое замыкание обмоток возбуждения или якоря электростартера | Проверка обмотки на межвитковое замыкание или замыкание на «массу» прибором ЭЗ36, мвгомметром или контрольной лампой                                                                                                                | При необходимости якорь и обмотки возбуждения отремонтировать или заменить                                                                                            |
| Заклинивание якоря                                                                           | Включение плафона и электростартера. Если при исправной аккумуляторной                                                                                                                                                              | Стартер отремонтировать                                                                                                                                               |



Продолжение табл. 4.2.

| Причина неисправности                                                                                          | Способ обнаружения                                                                                                                                                                                         | Способ устранения                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                | батареи и цепи электро-<br>стартера свет плафона<br>сильно уменьшится, то<br>возможно разрушение<br>обмотки якоря и его<br>задевание за полюсы                                                             |                                                                                                                                   |
| <b>Тяговое реле включается и сразу выключается<br/>(неисправность проявляется в часто повторяющемся стуке)</b> |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                   |
| Сильная разряженность<br>аккумуляторной батареи                                                                | Проверка степени<br>разряженности батареи по<br>плотности электролита                                                                                                                                      | При необходимости зачистить<br>выводы батареи, наконечники<br>проводов, соединения<br>затянуть и смазать<br>техническим вазелином |
| Увеличение сопротивления<br>цепи электроснабжения<br>электростартера                                           | Проверка состояния<br>разъемных соединений в<br>цепи электроснабжения                                                                                                                                      | При необходимости зачистить<br>выводы батареи, наконечники<br>проводов, соединения<br>затянуть и смазать<br>техническим вазелином |
| Вывод из строя выключателя<br>зажигания                                                                        | Подключение контрольной<br>лампы к выводу выключателя<br>зажигания и к корпусу.<br>Если выключатель исправен,<br>при повороте ключа в<br>положение включения<br>электростартера лампа<br>должна загореться | Неисправный выключатель<br>зажигания отремонтировать<br>или заменить                                                              |
| Обрыв или плохой контакт<br>удерживающей обмотки<br>тягового реле с корпусом                                   | Проверка надежности<br>соединения обмотки с<br>корпусом после снятия<br>крышки тягового реле                                                                                                               | По возможности восстановить<br>надежное соединение<br>обмотки с корпусом или<br>заменить тяговое реле                             |
| Неправильная регулировка<br>реле включения                                                                     | Проверка вольтметром<br>напряжения включения и<br>выключения реле и сравнение<br>с установленными для<br>данного реле значениями                                                                           | Отрегулировать или заменить<br>неисправное реле включения                                                                         |
| <b>Электродвигатель стартера включается, но коленчатый вал не вращается</b>                                    |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                   |
| Пробуксовывание муфты<br>свободного хода механизма                                                             | Проверить ручную работу<br>приводного механизма на                                                                                                                                                         | При пробуксовывании муфты<br>стартер разобрать и муфты                                                                            |

Продолжение табл. 4.2.

| Причина неисправности                                             | Способ обнаружения                                                                                | Способ устранения                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| привода                                                           | снятом с двигателя электростартере                                                                | заменить                                                                                                          |
| Тугое перемещение механизма привода по винтовым шлицам вала якоря | Проверить вручную легкость перемещения приводного механизма на снятом с двигателя электростартере | Винтовые шлицы смазать смазочным материалом в соответствии с рекомендациями инструкции по эксплуатации автомобиля |
| Поломка рычага приводного механизма                               | Разборка стартера и осмотр рычага                                                                 | Заменить сломанный рычаг                                                                                          |
| Поломка поводковой муфты или буферной пружины                     | Разборка стартера и проверка состояния поводковой муфты и буферной пружины                        | Разобрать электростартер и заменить муфту, пружину или механизм привода                                           |

**Электростартер включается, но шестерня не входит в зацепление**

|                                                                                          |                                                                            |                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ослабление буферной пружины                                                              | Проверка технического состояния механизма привода                          | Заменить пружину или механизм привода                                                                                                                |
| Неправильная регулировка электростартера                                                 | Проверка регулировки электростартера (см. рис. 4.33)                       | Электростартер отрегулировать в соответствии с руководством по эксплуатации автомобиля                                                               |
| Наличие забоин на зубьях шестерни механизма привода или на зубьях венца маховика         | Снятие электростартера с двигателя и визуальное определение наличия забоин | Устранить забоины на шестерне и на венце маховика абразивным инструментом или напильником. При необходимости заменить приводной механизм или маховик |
| Заедание шестерни на валу ввиду закоксовывания смазочного материала на шлицах вала якоря | Определение неисправности при осмотре снятого электростартера              | Очистить шлицы ветошью, смоченной бензином, и покрыть вал смазкой № 158                                                                              |

**Электростартер после пуска не отключается**

|                                                                          |                                                                                                          |                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Заедание ключа в выключателе зажигания (выключателе приборов и стартера) | Поворот ключа выключателя в положение включения электростартера, после чего он остается в этом положении | Немедленно остановить двигатель: выключить электростартер, повернув ключ в исходное положение. Неисправный выключатель отремонтировать или заменить |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Продолжение табл. 4.2.

| Причина неисправности                                                                                                                                | Способ обнаружения                                                                                                | Способ устранения                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Заедание механизма привода на валу якоря                                                                                                             | Снятие с двигателя стартера и его разборка. Проверка вручную легкости перемещения механизма привода на валу якоря | При наличии закоксовывания смазки на шлицах вала якоря шлицы очистить ветошью, смоченной бензином, и покрыть смазкой № 158                           |
| Спекание контактов тягового реле                                                                                                                     | Снятие крышки тягового реле и визуальная оценка состояния контактов реле                                          | Подгоревшие контакты тягового реле зачистить мелкозернистой шлифовальной шкуркой                                                                     |
| <b>Повышенный уровень шума при вращении якоря электростартера</b>                                                                                    |                                                                                                                   |                                                                                                                                                      |
| Ослабление крепления электростартера                                                                                                                 | Проверка крепления электростартера                                                                                | Подтянуть гайки или болты крепления электростартера                                                                                                  |
| Поломка крышки со стороны привода                                                                                                                    | Снятие стартера с двигателя и визуальная проверка технического состояния крышки                                   | Заменить крышку со стороны привода                                                                                                                   |
| Повреждение зубьев шестерни привода электростартера или венца маховика двигателя                                                                     | Снятие электростартера с двигателя и осмотр зубьев шестерни и венца маховика                                      | При повреждении зубьев заменить механизм привода электростартера или маховика двигателя                                                              |
| Выход из строя механизма привода или его тугое перемещение по шлицам вала якоря: шестерня электростартера не выходит из зацепления с венцом маховика | Снять электростартер с двигателя, разобрать и проверить работу механизма привода                                  | Неисправный механизм привода заменить. При высыхании смазки на шлицах вала якоря шлицы очистить ветошью, смоченной бензином, и покрыть смазкой № 158 |
| Чрезмерный износ втулки подшипников или шеек вала якоря                                                                                              | Снятие электростартера с двигателя и проверка изнашивания вала якоря и подшипников                                | Заменить втулки или якорь                                                                                                                            |
| Перекус электростартера при установке на двигатель                                                                                                   | Проверка правильности крепления электростартера к двигателю                                                       | Закрепить электростартер без перекусов                                                                                                               |
| Ослабление крепления полюса к корпусу                                                                                                                | Проверка наличия задеваний якоря за полюс снятого электростартера                                                 | Затянуть винт крепления полюса                                                                                                                       |

## Устройства для облегчения пуска двигателей при низких температурах

Устройства для облегчения пуска, воздействуя на отдельные системы двигателя, температурное состояние его деталей и эксплуатационных материалов, снижают моменты сопротивления вращению коленчатого вала, улучшают условия образования и воспламенения топливно-воздушных смесей. Эффективность различных способов и устройств для облегчения пуска зависит от типа двигателя, его конструктивных особенностей и условий эксплуатации.

### 5.1. Свечи накаливания и подогрева воздуха

Пуск дизелей с разделенными камерами сгорания улучшается при установке в предкамеры или вихревые камеры свечей накаливания открытого или закрытого типа, раскаленные нагревательные элементы которых являются источниками воспламенения топлива.

#### 5.1.1. Свечи накаливания

Свеча накаливания с открытым нагревательным элементом (рис. 5.1, а) устанавливается в камере сгорания двигателя таким образом, чтобы раскаленная спираль 3 находилась на некотором расстоянии от границы струи распыливаемого топлива. Если струя топлива задевает спираль, процесс воспламенения улучшается, но сокращается срок службы свечи. Спираль накаливания 3 (рис. 5.1, б) штифтовой свечи находится в закрытом кожухе 5, заполненном изоляционным материалом с высокой теплопроводностью. Кожух свечи изготавливают из железо-никель-хромового сплава «инконель». Штифтовую свечу в камеру сго-

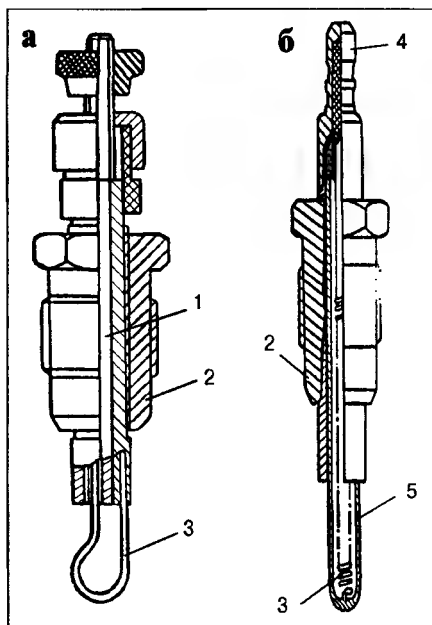


Рис. 5.1. Свечи накаливания:

а – с открытым нагревательным элементом;  
б – штифтовая; 1 – центральный электрод;  
2 – корпус; 3 – спираль; 4 – вывод; 5 – кожух спирали

рания устанавливают так, чтобы конус струи распыливаемого топлива касался раскаленного конца ее кожуха.

Чаще используют однополюсные штифтовые свечи, потребляющие токи силой 5 и 10 А при напряжениях соответственно 24 и 12 В. Двухполюсные свечи для двухпроводных схем потребляют токи силой до 50 А при напряжении 1,7 В. Время прогрева штифтовой свечи составляет 1 – 2 мин. Вследствие большой тепловой инерции таких свечей нет необходимости устанавливать в их цепь питания дополнительный резистор. Преимуществом штифтовых свечей по сравнению со свечами открытого типа является большая механическая прочность и больший срок службы вследствие отсутствия окисления спирали кислородом воздуха. Штифтовые свечи могут быть установлены в дизелях с однопольными камерами сгорания.

Эффективность применения свечей накаливания при пуске дизелей зависит от рабочей температуры открытой спирали или кожуха штифтовой свечи, которая определяется силой проходящего по спирали тока. Пуск дизелей при использовании свечей накаливания обеспечивается до температур  $-10...-15^{\circ}\text{C}$  при частоте вращения коленчатого вала 60 – 80 мин<sup>-1</sup>.

### 5.1.2. Свечи подогрева воздуха во впускном трубопроводе

На дизелях с неразделенными камерами сгорания применяют электрические свечи и электрофакельные подогреватели для нагрева воздуха, поступающего в цилиндры двигателя при такте впуска. Целью подогрева воздуха является повышение температуры в конце такта сжатия и, тем самым, улучшение условий образования, воспламенения и сгорания топливо-воздушной смеси.

Свеча СН-150 подогрева воздуха во впускном трубопроводе (рис. 5.2, а) мощностью 400 Вт рассчитана на потребление тока силой 45 – 47 А. Спираль 1 свечи нагревается до температуры 900 – 950<sup>o</sup>C через 40 – 60 с после подключения к аккумуляторной батарее. В цепи питания свечей СН-150 предусмотрен контрольный элемент СЭ-52 и дополнительный резистор МД-51. Свечи подогрева устанавливают в начале впускного трубопровода или в местах разводки по каналам цилиндров.

Лучший теплоотвод от спирали 1 (рис. 5.2, б) впускному воздуху обеспечивается при использовании фланцевых свечей. Фланцевые свечи устанавливают в разьемах впускного трубопровода, что приводит к большому разнообразию их конструкций, но усложняет конструкцию трубопровода.

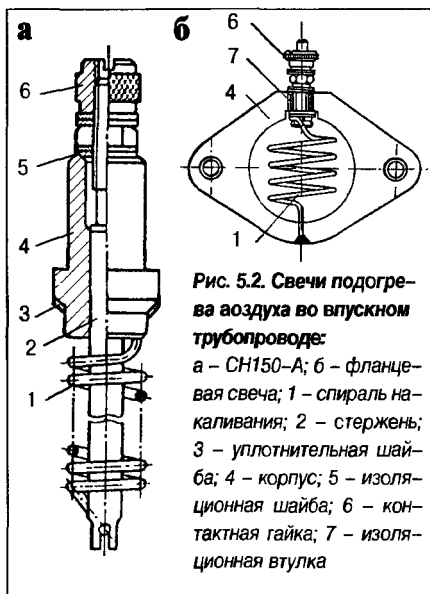


Рис. 5.2. Свечи подогрева воздуха во впускном трубопроводе:  
а – СН150-А; б – фланцевая свеча; 1 – спираль накаливания; 2 – стержень; 3 – уплотнительная шайба; 4 – корпус; 5 – изоляционная шайба; 6 – контактная гайка; 7 – изоляционная втулка

Вследствие подогрева воздуха во впускном трубопроводе свечой СН-150 на 20 – 35°C увеличивается температура в цилиндре в конце сжатия, в результате чего на 5 – 10°C снижается минимальная температура пуска двигателя. Из-за потери теплоты при большой длине трубопровода снижается эффективность работы свечей подогрева в условиях низких температур. Поэтому их используют на дизелях с малыми рабочими объемами, пуск которых должен обеспечиваться до температур -12...-17°C.

## 5.2. Электрофакельные подогреватели воздуха

На дизелях устанавливают электрофакельные подогреватели воздуха во впускном трубопроводе, что в сочетании с маловязким моторным маслом позволяет снизить минимальную температуру пуска холодного дизеля на 10–15°C. В электрофакельных подогревателях через электрическую спираль проходит

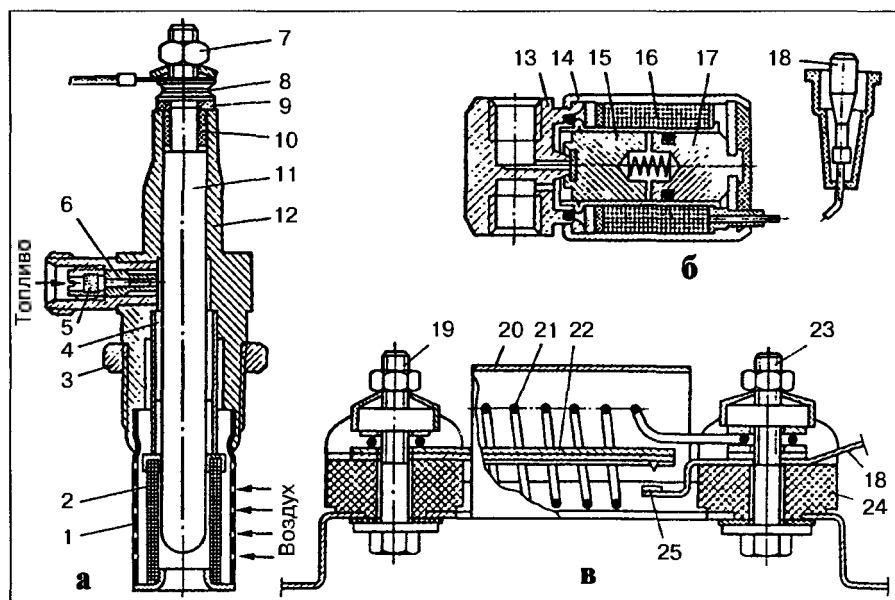


Рис. 5.3. Электрофакельные устройства:

а – факельная штифтовая свеча 13.3740; б – электромагнитный топливный клапан 13.3741; в – добавочный резистор с термореле; 1 – защитный экран; 2 – испарительная сетка; 3, 7, 8 – гайки; 4 – испаритель; 5 – фильтр; 6 – топливный жиклер; 9 – изоляционная шайба; 10 – изоляционная втулка; 11 – нагреватель; 12 – корпус свечи; 13 – основание клапана; 14 – гильза; 15 – якорь; 16 – катушка; 17 – сердечник; 18 – штекер; 19, 23 – выводы; 20 – защитный кожух; 21 – спираль добавочного резистора; 22 – биметаллическая пластина с подвижным контактом; 24 – изолятор; 25 – неподвижный контакт

ток небольшой силы, так как она служит только для подогрева, испарения и за- жигания топлива. Воздух во впускном трубопроводе подогревается за счет те- плоты сгорания топливо–воздушной смеси.

Электрофакельное устройство дизелей автомобилей ЗИЛ моделей 133ГЯ, 133ВЯ состоит из двух факельных штифтовых свечей (рис. 5.3, а), электромаг- нитного топливного клапана (рис. 5.3, б), добавочного резистора с термореле (рис. 5.3, в), кнопочного выключателя, реле электрофакельного устройства, ре- ле отключения обмотки возбуждения генератора, контрольной лампы и топли- вопроводов.

Дозирование топлива, его испарение, смешивание с воздухом, воспламенение и сгорание происходят в факельной штифтовой свече. Топливо, подаваемое к свече, очищается фильтром 5 (см. рис. 5.3, а), дозируется жиклером 6, прохо- дит по кольцевой полости между кольцевой вставкой и нагревателем 11. Объ- емная испарительная сетка 2 в нижней части факельной свечи имеет большую поверхность и облегчает испарение топлива. Сетка окружена защитным экра- ном 1 с отверстиями для прохода воздуха. Экран предотвращает затухание

**Таблица 5.1. Техническая характеристика факельных свечей**

| Параметры                                            | 11.3740 (КамАЗ,<br>Урал, ГАЗ)<br>111.3740 (БелАЗ,<br>МАЗ, КрАЗ) | 13.3740<br>(ЗИЛ–133ВЯ,<br>ЗИЛ–133ГЯ) |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Номинальное напряжение, В                            | 19                                                              | 9,5                                  |
| Сила потребляемого тока, А                           | 11–12                                                           | 21–23                                |
| Температура нагрева при<br>номинальной силе тока, °С | 1040–1230                                                       | 1080–1150                            |
| Время нагрева, с                                     |                                                                 | 90                                   |
| Пропускная способность по топливу, см³/мин           | 5,5–6,5                                                         | 7,5–8,5                              |
| Масса, кг                                            |                                                                 | 0,13                                 |

**Таблица 5.2. Техническая характеристика электромагнитных клапанов**

| Параметры                                    | 11.3741 (КамАЗ,<br>Урал, ГАЗ,<br>МАЗ, КрАЗ) | 13.3741<br>(ЗИЛ–133ВЯ,<br>ЗИЛ–133ГЯ) |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| Номинальное напряжение, В                    | 24                                          | 12                                   |
| Сила тока, потребляемого катушкой, А         | 0,8–1,1                                     | 0,6–2,2                              |
| Напряжение срабатывания клапана, В, не более | 12                                          | 6                                    |
| Ход якоря, мм                                |                                             | 0,6–1,2                              |
| Масса, кг                                    |                                             | 0,14                                 |

**Таблица 5.3. Техническая характеристика добавочных резисторов с термореле**

| Параметры                                                     | 12.3741 (КамАЗ, Урал, ГАЗ, МАЗ, КрАЗ) | 14.3741 (ЗИЛ-133ВЯ, ЗИЛ-133ГЯ) |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| Номинальное напряжение, В                                     | 24                                    | 12                             |
| Номинальная сила тока, А                                      | 22,8                                  | 44                             |
| Сопротивление спирали в холодном состоянии, Ом                | 0,156–0,169                           | 0,045–0,050                    |
| Диаметр проволоки, мм                                         | 1,8                                   | 2,5                            |
| Время от момента включения до замыкания контактов, с          | 50–65                                 |                                |
| Время замкнутого состояния после отключения тока, с, не менее | 45                                    | 20                             |
| Масса, кг                                                     | 0,12                                  |                                |

пламени при увеличении скорости воздушного потока во впускном трубопроводе после пуска двигателя.

Электромагнитный топливный клапан открывает подачу топлива к факельным штифтовым свечам при подключении катушки 16 (см. рис. 5.3, б) к аккумуляторной батарее. При отключении электромагнитный клапан закрывается под действием пружины. Топливо к электромагнитному клапану подводится из системы питания дизеля.

Термореле имеет контакты и биметаллическую пластину 22 (см. рис. 5.3, в), расположенные внутри спирали 21 добавочного резистора. По мере прогрева за счет теплоты, выделяемой добавочным резистором, биметаллическая пластина деформируется и замыкает контакты реле. Добавочный резистор уменьшает силу тока во время предварительного нагрева штифта факельной свечи и замыкается накоротко в момент включения стартера.

Схема электрофакельного устройства (рис. 5.4) обеспечивает предварительный нагрев факельных штифтовых свечей ЕК1 и ЕК2 до температуры 1000–1100°С перед включением стартера. Спирали свечей подключены к аккумуляторной батарее через добавочный резистор R термореле КК кнопочным выключателем S2 электрофакельного устройства. Во время предпускового прогрева свечей выключатель S1 приборов находится в положении 2. В конце прогрева факельных

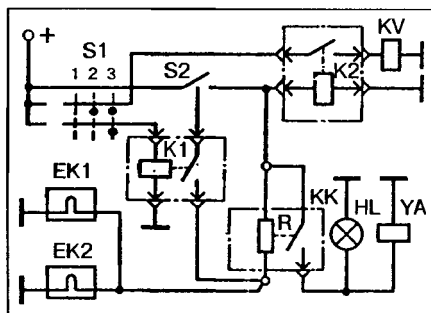


**Рис. 5.4. Электрическая схема электрофакельного устройства**



свечей замыкаются контакты термореле КК. Напряжение подается на электромагнитный топливный клапан YA и контрольную лампу HL, сигнализирующую о готовности электрофакельного устройства к пуску двигателя. При включении стартера выключателем S1 приборов (положение 3) подкачивающий насос подает топливо через открытый электромагнитный клапан к факельным свечам.

После пуска двигателя выключатель S1 приборов и стартера переводят в положение 2, стартер отключается, но электрофакельное устройство продолжает работать в период предпускового прогрева, если оставить включенной кнопку выключателя S2. Для защиты факельных штифтовых свечей от перегрева при работе двигателя в режиме холостого хода после пуска, когда в связи с работой генератора повышается напряжение на выводах свечей, в схеме предусмотрено реле К2 отключения обмотки возбуждения генератора.

### **5.3. Техническое обслуживание электрофакельных подогревателей**

#### **Проверка технического состояния**

Проверка электрофакельного устройства включает целый комплекс мероприятий.

Исправность контрольной лампы определяют визуально. Техническое состояние факельных свечей оценивают по силе потребляемого тока. Большая сила тока или его отсутствие свидетельствуют о неисправности свечи. Исправность дополнительного резистора с термореле проверяют по времени от момента включения до замыкания контактов и времени замкнутого состояния контактов после отключения тока. Уменьшение времени замкнутого состояния контактов термореле после отключения тока приводит к преждевременному прекращению подачи топлива к факельным свечам.

Об исправном состоянии электрофакельного устройства свидетельствует наличие факела, наблюдаемого через отверстия во впускном трубопроводе при вращении коленчатого вала дизеля электростартером. Если факел при исправных факельных штифтовых свечах отсутствует, проверяют герметичность топливной системы электрофакельного устройства, пропускную способность факельной свечи и работу электромагнитного клапана.

Герметичность топливной системы оценивают визуально. Для проверки давления в топливной системе и исправности электромагнитного клапана топливопровод отсоединяют от факельной свечи, прокачивают систему топливоподкачивающим насосом и через 1 мин включают электромагнитный топливный клапан. Открытие клапана сопровождается характерным щелчком, после чего из отсоединенного от свечи топливопровода должна появиться струя топлива. Расход топлива и силу потребляемого факельной свечой тока определяют на специальных стендах.

Реле отключения обмотки возбуждения генератора на автомобилях КамАЗ исправно, если при работающем двигателе и включенном электрофакельном устройстве амперметр на щитке приборов показывает разряд (силой тока около 30 А), а при выключенном электрофакельном устройстве — заряд.

При подготовке к эксплуатации в холодный период года топливную систему электрофакельного устройства освобождают от летнего топлива, промывают в бензине фильтр и жиклер факельной штифтовой свечи и саму свечу при наличии на сетке и защитном экране нагара и сажи. Для очистки фильтра чистый бензин или дизельное топливо пропускают через фильтр в направлении, противоположном перемещению рабочего потока. После очистки рекомендуется продуть фильтр сжатым воздухом.

### Неисправности электрофакельных устройств

Некоторые неисправности электрофакельных устройств, возможные причины их возникновения и способы устранения приведены в табл. 5.4.

**Таблица 5.4. Основные неисправности электрофакельных устройств, способы их обнаружения и устранения**

| Причины неисправности                                                                                                                     | Способ обнаружения                                                                                                                                                                                                                                                       | Способ устранения                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>Стрелка амперметра при включении электрофакельного устройства зашкаливает</b>                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                              |
| Замыкание факельной штифтовой свечи на «массу»                                                                                            | Отсоединение провода от вывода одной из свечей, что исключает возможность его замыкания на «массу». При зашкаливании стрелки амперметра отсоединение провода от вывода второй свечи. Отсутствие зашкаливания стрелки свидетельствует о замыкании на «массу» второй свечи | Неисправную свечу отремонтировать или заменить               |
| Замыкание на «массу» электрических проводов, термореле, реле блскировки отключения массы и реле отключения обмотки возбуждения генератора | Проверка состояния изоляции электрических проводов и обмоток реле                                                                                                                                                                                                        | Провода с поврежденной изоляцией и неисправное реле заменить |
| Замыкание спирали добавочного резистора термореле                                                                                         | Отсоединение провода, соединяющего кнопочный выключатель электрофакельного устройства с выводом термореле. Отсутствие зашкаливания стрелки амперметра при включении электрофакельного устройства свидетельствует о замыкании спирали термореле                           | Неисправное термореле заменить                               |

Продолжение табл. 5.4.

| Причины неисправности                                                                             | Способ обнаружения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Способ устранения                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Стрелка амперметра при эклуженном электрофакельном устройстве находится не нулевом делении</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Перегорание факельных свечей или отсутствие контакта в цепи электроснабжения                      | Включение электро-факельного устройства и проверка наличия напряжения на выводах всех его элементов, начиная со штифтовых свечей                                                                                                                                                                                                          | Неисправные факельные свечи заменить.<br>Нарушенные контакты в цепи электроснабжения свечей восстановить                                                                                                                                                                                |
| <b>Наличие паров топлива при отсутствии факела</b>                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Недостаточная температура нагревательного элемента факельной штифтовой свечи                      | Проверка времени загорания контрольной лампы.<br>Проверка состояния плотности и аккумуляторных лрбников.<br>Проверка надежности аккумуляторной батареи по наличию контакта в местах соединения выводов батареи и наконечников.<br>Проверка силы тока, лотребляемого факельной свечой, ло амперметру и сравнение с нормированным значением | Неисправное термореле заменить.<br>Разряженную батарею зарядить, неисправную отправить в ремонт.<br>Выводы батареи и наконечников проводов зачистить мелкозернистой шлифовальной шкуркой, соединения затянуть и сма-зать техническим вазелином.<br>Неисправную факельную свечу заменить |
| Занижен расход топлива в факельной свече                                                          | Проверка расхода топлива в свече и степени загрязнения топливного фильтра и жиклера свечи                                                                                                                                                                                                                                                 | Промыть в бензине и продуть сжатым воздухом топливный фильтр и жиклер свечи.<br>Неисправную свечу заменить                                                                                                                                                                              |
| <b>Отсутствие факела и паров топлива</b>                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Нарушение герметичности топливной системы электрофакельного устройства                            | Проверка герметичности топливной системы по наличию потеков                                                                                                                                                                                                                                                                               | Подтянуть соединения топливопроводов.<br>Неисправные детали топливной системы заменить                                                                                                                                                                                                  |
| Топливо не проходит через факельную свечу                                                         | Отсутствие паров топлива во впускном патрубке при работе свечи                                                                                                                                                                                                                                                                            | Промыть в бензине и продуть сжатым воздухом топливный фильтр и жиклер факельной свечи                                                                                                                                                                                                   |

| Причины неисправности                                                                              | Способ обнаружения                                                                                 | Способ устранения                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>Срыв пламени факельной свечи при одновременной работе электрофакельного устройства и дизеля</b> |                                                                                                    |                                                        |
| Недостаточное давление в топливной системе                                                         | Проверка давления в топливной системе на стенде и состояния клапана-жиклера и перепускного клапана | Отрегулировать давление открытия клапанов набором шайб |
| Преждевременное закрытие топливного клапана                                                        | Проверка времени замкнутого состояния термореле и сравнение с нормированным значением              | Неисправное реле заменить                              |

## 5.4. Устройства для подачи пусковой жидкости

Широкое распространение при пуске получил способ использования легковоспламеняющихся жидкостей, которые содержат компоненты с низкой температурой самовоспламенения и отличаются большим разнообразием составов. Пусковая жидкость «Арктика» состоит из диэтилового эфира (45–60%) с температурой самовоспламенения 180–205°C, газового бензина (35–55%), изопропилнитрата (1–1,5%), различных промежуточных продуктов окисления (до 10%) и противознасных, противозадирных и антиокислительных присадок (около 2,5%). В состав пусковой жидкости «Холод Д–40» входят диэтиловый эфир (58–62%), изопропилнитрат (13–17%) и масло для судовых газовых турбин (8–12%).

Пусковая жидкость подается непосредственно в цилиндры двигателя вместе с основным топливом или с помощью специальных приспособлений во впускной трубопровод. Второй способ удобнее и экономичнее. Работа устройств для подачи пусковой жидкости во впускной трубопровод основана на пневматическом или механическом распыливании жидкости и ее дальнейшем испарении. Использование пусковой жидкости и маловязкого загущенного масла позволяет обеспечивать пуск двигателя до температуры –30°C при вращении коленчатого вала с частотой 40–55 мин<sup>-1</sup>.

Автоматическое управление подачей пусковой жидкости возможно в устройствах, основанных на аэрозольном распыливании. Аэрозольное пусковое приспособление с электромагнитным приводом приведено на рис. 5.5. Пусковая жидкость находится под давлением в аэрозольном баллоне 13 с клапанным устройством. В качестве вытесняющего газа применяют пропан, бутан и другие газы, давление которых незначительно зависит от температуры и которые сами являются топливом. Аэрозольное пусковое устройство устанавливают с помощью кронштейна 5 в отсеке двигателя в легкодоступном для смены баллона месте.

Управление приспособлением дистанционное из кабины водителя. При включении электромагнита 7 якорь перемещается вниз, нажимает эмульсионной трубкой на шток клапана аэрозольного баллона и одновременно открывает про-

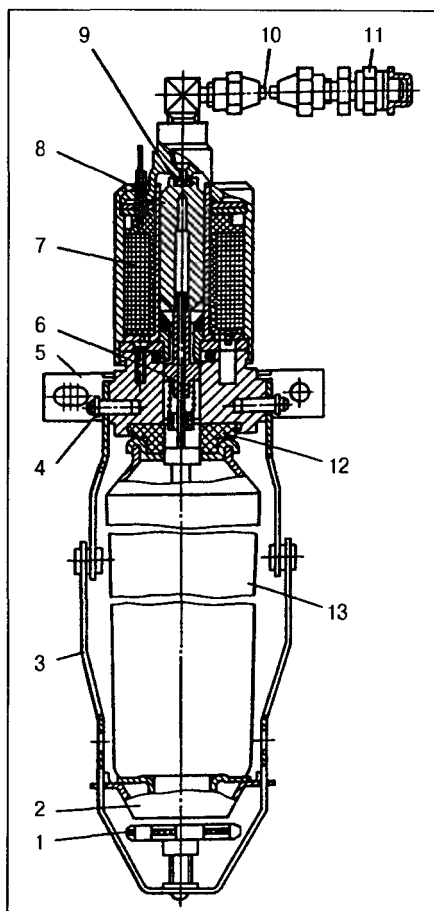


**Рис. 5.5. Аэрозольное пусковое приспособление с электромагнитным приводом:**

1 – регулировочный винт; 2 – нажимной подпятник; 3 – складывающиеся дужки; 4 – ось дужек; 5 – кронштейн крепления; 6 – эмульсионная трубка; 7 – электромагнит; 8 – сердечник; 9 – пластинчатый клапан; 10 – трубопровод; 11 – форсунка; 12 – резиновый уплотнитель; 13 – аэрозольный баллон

ход для аэрозоли в трубопровод 10 через пластинчатый клапан 9. К форсунке 11 распылителя, расположенной во впускном трубопроводе двигателя, аэрозоль поступает через эмульсионную трубку 6 и внутреннюю полость якоря электромагнита 7.

Один аэрозольный баллон может обеспечить 8 – 10 пусков двигателя при температуре  $-30^{\circ}\text{C}$ . При установке в приспособление верхнюю часть нового баллона совмещают с корпусом и прижимают к нему опорной пяткой, перемещающейся по дужкам 3, с помощью регулировочного винта 1. Уплотнение в стыке баллона с корпусом обеспечивается резиновым уплотнителем 12.

## 5.5. Электрические подогреватели

Электрические подогреватели используются для подогрева жидкости в системе охлаждения двигателя, масла в картере, топлива в топливной системе и электролита аккумуляторной батареи. По способу превращения электрической энергии в тепловую их подразделяют на нагреватели индукционные, полупроводниковые, электродные, сопротивлений, инфракрасные излучатели и т.д. Наибольшее распространение получили нагреватели сопротивлений, однако все большее внимание уделяется полупроводниковым подогревателям.

Требованиям электробезопасности на тракторе в наибольшей степени удовлетворяют герметичные трубчатые электронагреватели (ТЭНы). ТЭН представляет собой металлическую

оболочку в виде трубки из жаропрочного материала любой формы, внутри которой запрессована спираль из нихромовой проволоки, изолированная от оболочки наполнителем с высокой теплопроводностью (периглаз).

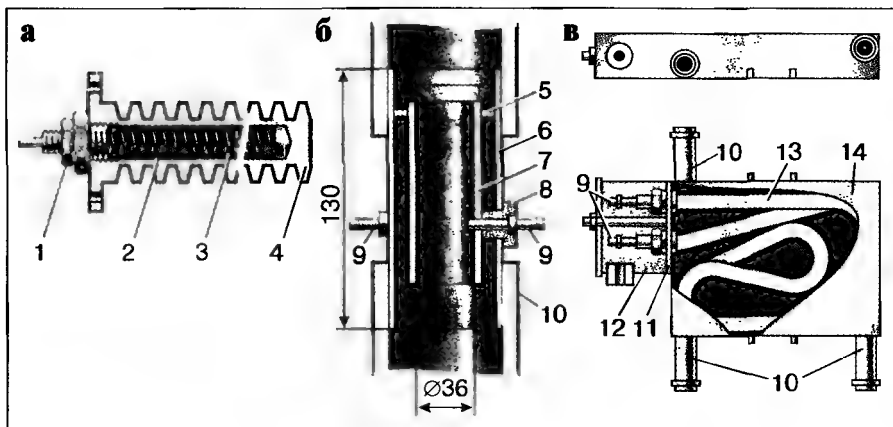


**Рис. 5.6. Электрические подогреватели:**

*а* – электроподогреватель моторного масла; *б* – электроподогреватель охлаждающей жидкости; *в* – универсальный электроподогреватель; 1 – изолятор с клеммой; 2 – стержень; 3 – нихромовая спираль; 4 – корпус; 5 – распорное кольцо; 6 – наружный электрод; 7 – внутренний электрод; 8 – изолятор; 9 – выводы; 10 – патрубки; 11 – прокладка; 12 – изолятор; 13 – нагревательный элемент; 14 – теплообменник

На двигателе установка ТЭНов не всегда возможна, поэтому их часто размещают в теплообменнике (котле). Такие теплообменники можно устанавливать вместо индивидуальных предпусковых подогревателей, работающих на жидком топливе. Для уменьшения потерь теплоты и расхода электроэнергии поверхность котла теплоизолируется.

Разработано множество различных конструкций теплообменников и схем подогрева охлаждающей жидкости и масла. Перспективна схема, в которой нагретая жидкость из котла электрическим насосом подается в водораспределительные каналы блока цилиндров и одновременно в теплообменник, расположенный в картере. Подогрев топлива осуществляется непосредственно электроподогревателями или с помощью промежуточного теплоносителя.

Электроподогреватели компактны, надежны в работе, обладают достаточным быстродействием, требуют минимальных затрат на обслуживание. При использовании ТЭНов возможна автоматизация процесса подогрева. Электроподогреватели можно применять не только как средство предпускового подогрева двигателя, но и в течение всего периода межсменной стоянки автомобиля. Конструкции электронагревателей моторного масла, охлаждающей жидкости и общий вид универсального электроподогревателя приведены на рис. 5.6.

## 5.6. Предпусковые подогреватели

Двигатель может быть оборудован индивидуальным предпусковым подогревателем. Подогрев картерного масла, блока цилиндров и подшипников колен-

чатого вала перед пуском позволяет уменьшить вязкость моторного масла, облегчить его прокачиваемость по смазочной системе и, тем самым, уменьшить момент сопротивления вращению и износ деталей двигателя при пуске. С другой стороны, подогрев головки и стенок блока цилиндров и впускного трубопровода улучшает условия смесеобразования и воспламенения топлива и способствует снижению минимальной пусковой частоты вращения.

Индивидуальные предпусковые подогреватели отличаются по типу теплоносителя, обеспечивающего передачу теплоты двигателю, потребляемому топливу и степени автоматизации рабочего процесса. Подогреватели должны быть

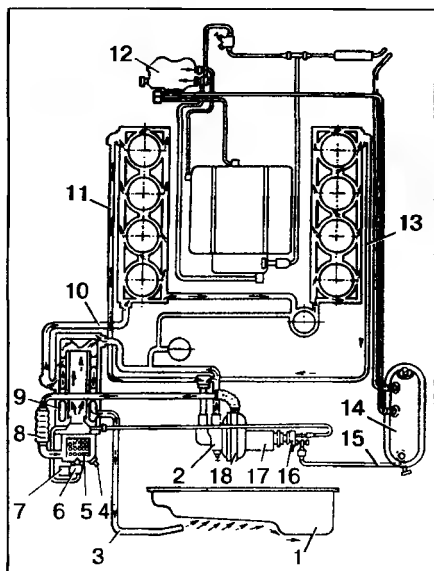


**Рис. 5.7. Схема подключения подогревателя ПЖД-30 на двигателе КамАЗ-740:**

1 – поддон картера двигателя; 2 – гидравлический насос; 3 – выпускная труба подогревателя; 4 – свеча зажигания; 5 – горелка; 6 – форсунка; 7 – электромагнитный топливный клапан; 8 – воздушный патрубок; 9 – котел подогревателя; 10 – патрубок для подвода жидкости от подогревателя к блоку цилиндров; 11 и 13 – патрубки для отвода жидкости из блока цилиндров в подогреватель; 12 – топливный фильтр тонкой очистки; 14 – топливный бачок; 15 – топливопровод; 16 – топливный насос с редукционным клапаном; 17 – электродвигатель насосного агрегата; 18 – вентилятор

пожаробезопасными. Не допускается вылет пламени на выходе газов из котла в установившемся режиме работы, скопление топлива в котле подогревателя как в период розжига котла, так и после его остановки. Система предпускового подогрева двигателя с жидкостным охлаждением должна надежно работать при ее заполнении низкотемпературной жидкостью и водой.

Дизельный подогреватель ПЖД-30 устанавливают на автомобилях семейства КамАЗ-740 и ЗИЛ-133ГЯ. Образование, воспламенение и сгорание топливо-воздушной смеси происходит в съемной горелке 5 (рис. 5.7) котла 9. Первоначально воспламенение топливо-воздушной смеси осуществляется свечой зажигания 4, высокое напряжение к которой подводится от транзисторного коммутатора. Топливо из топливного бачка 14 подается к горелке 5 топливным насосом 16 и распыливается форсункой 6. Расход топлива регулируется редукционным клапаном топливного насоса 16. В электромагнитном клапане 7 и в форсунке 6 предусмотрены фильтры тонкой очистки. Электромагнитный топливный клапан конструктивно объединен со штифтовой электрической свечой и установлен на горелке.

Воздух под напором подается в горелку вентилятором 18. Для обеспечения циркуляции жидкости между котлом 9 подогревателя и водяной рубаш-

кой блока цилиндров в предпусковой период в насосный агрегат включен гидравлический насос 2. Привод гидравлического, воздушного и топливного насосов осуществляется от одного электродвигателя 17.

Электрическая схема предусматривает возможность дистанционного управления подогревателем. В схеме используется переключатель S (рис. 5.8), имеющий четыре положения. Электродвигатель М насосного агрегата и электронагреватель ЕК топлива, потребляющие токи большой силы, включают переключателем S через реле K1 и K2.

Для приведения в действие подогревателя переключатель S из положения 1 (все выключено) устанавливают в положение 2, включая электродвигатель М насосного агрегата и электронагреватель ЕК топлива. Через 15 – 20 с переключатель переводят в нефиксируемое положение 3. В этом положении включаются электромагнитный клапан YA и транзисторный коммутатор. После подключения транзисторного коммутатора к источнику питания через первичную обмотку L1 катушки зажигания Т проходит ток заряда конденсатора С. Индуцируемая при этом ЭДС в управляющей обмотке L2 открывает транзистор VT. Сила тока в первичной обмотке и ЭДС в управляющей обмотке возрастают. Конденсатор С разряжается через открытый транзистор VT. Когда сила тока в первичной обмотке достигает установившегося значения, ЭДС в управляющей обмотке не индуцируется и транзистор закрывается. Сила тока в первичной обмотке и магнитный поток резко уменьшаются и во вторичной обмотке L3 катушки зажигания Т индуцируется ЭДС, достаточная для пробоя искрового промежутка свечи зажигания EV. Стабилитроны VD1 и VD2 обеспечивают защиту транзистора VT от перенапряжений.

При установившемся горении, признаком которого является равномерный гул в котле подогревателя, после снятия усилия с рукоятки переключателя она автоматически переходит в положение 4, при котором транзисторный коммутатор отключается, а электродвигатель М насосного агрегата продолжает работать.

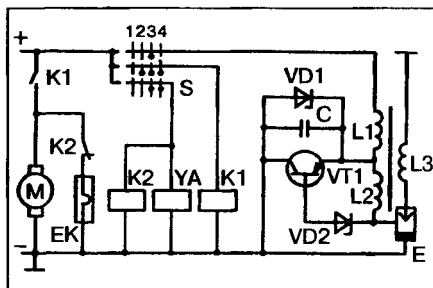


Рис. 5.8. Электрическая схема дистанционного управления подогревателем ПЖД-30



## Системы зажигания

### 6.1. Назначение и принцип действия

Система зажигания предназначена для воспламенения рабочей смеси в цилиндрах бензиновых двигателей внутреннего сгорания (ДВС).

Развитие автомобилей первоначально было связано с системой зажигания от магнето, но оно достаточно быстро было вытеснено батарейной системой зажигания, которая в различных вариантах и применяется на современных автомобилях.

Тенденции развития ДВС связаны с повышением их экономичности, снижением токсичности отработавших газов, уменьшением массы и габаритных размеров, повышением частоты вращения коленчатого вала и степени сжатия.

Это оказывает влияние на конструкцию и схемное исполнение систем зажигания, не затрагивая, однако, основного принципа их действия, — накопления энергии в магнитном или электрическом поле с последующим мгновенным выделением ее в искровом промежутке свечи в нужный момент такта сжатия в рабочем цилиндре и в соответствии с заданным порядком работы цилиндров двигателя.

Разряд в искровом промежутке вызывается импульсом напряжения, величина которого зависит от температуры и давления в камере сгорания, конфигурации и размеров искрового промежутка. Величина импульса должна обеспечиваться системой зажигания с определенным запасом, с учетом износа электродов свечи в эксплуатации. Обычно коэффициент запаса составляет 1,5 – 1,8, а величина импульса напряжения лежит в пределах 20 – 30 кВ.

Процесс сгорания рабочей смеси разделяется на три фазы: начальную, когда формируется пламя, возникающее от искрового разряда в свече, основную, когда пламя распространяется на большей части камеры сгорания, и конечную, когда пламя догорает у стенок камеры. Этот процесс требует определенного времени. Наиболее полное сгорание рабочей смеси достигается своевременной подачей сигнала на воспламенение, т.е. установкой оптимального угла опережения зажигания в зависимости от режима работы двигателя.

Угол опережения зажигания определяется по углу поворота коленчатого вала двигателя от момента возникновения искры до момента достижения поршнем верхней мертвой точки.

Если угол опережения зажигания больше оптимального, то зажигание раннее. Давление в камере сгорания при этом достигает максимума до достижения поршнем верхней мертвой точки и оказывает противодействующее воздействие на поршень. Раннее зажигание может явиться причиной возникновения детонации. Если угол опережения зажигания меньше оптимального, зажигание позднее, в этом случае двигатель перегревается.

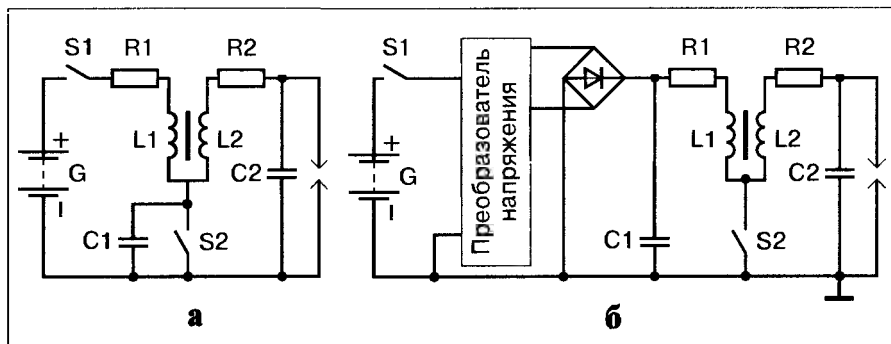


Рис. 6.1. Системы зажигания:

а — с накоплением энергии в индуктивности; б — с накоплением энергии в емкости

На начальную фазу сгорания влияет энергия и длительность искрового разряда в свече. В современных системах энергия разряда достигает 50 МДж, а его длительность 1 – 2,5 мс.

По способу накопления энергии различаются системы с накоплением энергии в индуктивности и в емкости (рис. 6.1). В обоих случаях для получения импульса высокого напряжения используется катушка зажигания, представляющая собой высоковольтный трансформатор, содержащий две обмотки: первичную с малым числом витков и омическим сопротивлением в доли и единицы ома и вторичную с большим числом витков и омическим сопротивлением в единицы и десятки кОм. Коэффициент трансформации катушки лежит в пределах 50 – 150. Значительное количество энергии, которое требуется для воспламенения рабочей смеси, накопить в конденсаторе приемлемых размеров при достаточно низком напряжении бортовой сети невозможно. Поэтому система по рис. 6.1, б оборудована высоковольтным преобразователем напряжения. Такое усложнение схемы не дает существенных преимуществ, поэтому системы с накоплением энергии в емкости на автомобилях практически не применяются.

Принцип работы схемы, изображенной на рис. 6.1, а, характерен для всех систем зажигания, устанавливаемых на автомобилях.

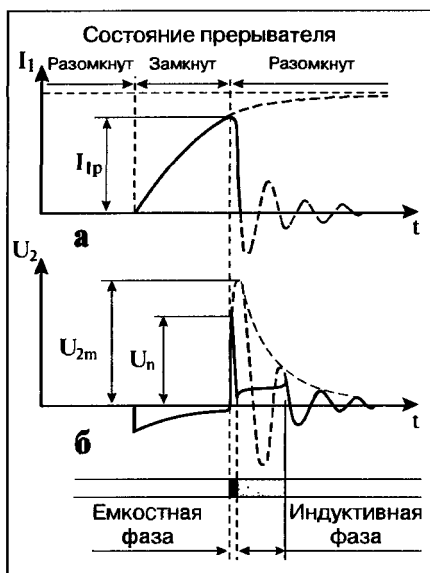


Рис. 6.2. Временные диаграммы тока в первичной цепи  $I_1$  (а) и вторичного напряжения  $U_2$  (б) системы зажигания

Выключатель зажигания S1 включает систему в сеть питания. В некоторых системах роль выключателя S1 играют контакты реле, управляемого выключателем зажигания. При вращении вала двигателя происходит замыкание контактов прерывательного механизма S2, и ток начинает нарастать в первичной цепи катушки зажигания по экспоненте, как это показано на рис. 6.2, а.

В момент, необходимый для подачи искрового импульса на зажигание, прерыватель S2 разрывает свои контакты, после чего возникает колебательный процесс, связанный с обменом энергией между магнитным полем катушки и электрическим полем в емкостях C1 и C2. Амплитуда колебаний напряжения, приложенного к электродам свечи  $U_{2m}$ , убывает по экспоненте, как показано на рис. 6.2 пунктиром. Однако интерес представляет лишь первая полуволна напряжения, т.е., если ее максимальное значение  $U_{2m}$  превышает напряжение пробоя искрового промежутка  $U_n$ , возникает необходимая для зажигания искра. Величина  $U_{2m}$  зависит от коэффициента трансформации катушки зажигания  $K_T = W_2/W_1$  ( $W_2$  и  $W_1$  соответственно число витков вторичной и первичной обмоток катушки), величины тока первичной обмотки в момент разрыва  $I_{1p}$ , а также индуктивности  $L_1$  и емкости C1 первичной и C2 вторичной цепей

$$U_{2m} = I_{1p} K_T \sqrt{\frac{L_1}{C_1 + C_2 K_T^2}} K_n. \quad (1)$$

Коэффициент  $K_n$  учитывает потерю энергии в активных сопротивлениях первичной  $R_1$  и вторичной  $R_2$  цепей, в сопротивлении нагара  $R_{ш}$ , шунтирующего искровой промежуток, а также в сердечнике катушки при его перемагничивании. Обычно  $K_n$  лежит в пределах 0,7 – 0,8. Влияние нагара на свечах на искрообразование значительно снижается с увеличением скорости нарастания вторичного напряжения. В современных системах эта скорость лежит в пределах 200 – 700 В/мкс.

После пробоя искрового промежутка вторичное напряжение резко уменьшается (см. рис. 6.2). При этом в искровом промежутке сначала искра имеет емкостную фазу, связанную с разрядом емкостей на промежуток, а затем индуктивную, во время которой в искре выделяется энергия, накопленная в магнитном поле катушки. Емкостная составляющая искры обычно кратковременна, очень ярка, имеет голубоватое свечение. Сила тока в искре велика даже при малом количестве протекающего в ней электричества. Индуктивная составляющая отличается значительной продолжительностью, небольшой силой тока, большим количеством электричества и неярким красноватым свечением. Осциллограмма вторичного напряжения, соответствующая рис. 6.2, является признаком нормальной работы системы зажигания. О нормальной работе свидетельствует и вид искры между электродами свечи. В исправной системе она имеет яркое ядро, окруженное пламенем красноватого цвета.

Распределение зажигания по цилиндрам может производиться как на высоковольтной, так и на низковольтной стороне (рис. 6.3). При низковольтном распределении каждая катушка зажигания обслуживает два либо четыре цилиндра. В первом случае катушка имеет два высоковольтных вывода (двухвыводная катушка), во втором четыре (четырёхвыводная). Импульсы напряжения на обоих выводах двухвыводной катушки появляются одновременно, но один из

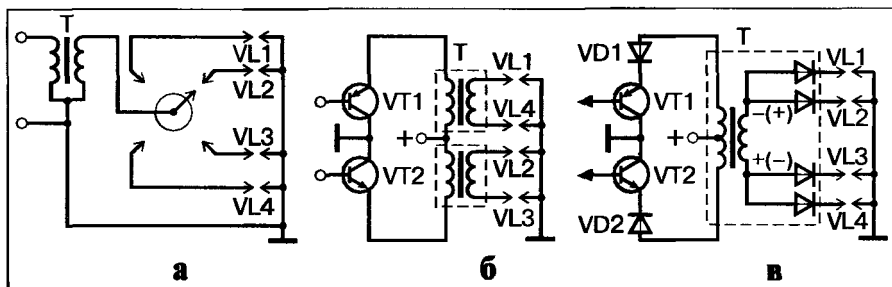


**Рис. 6.3. Способы распределения зажигания по цилиндрам двигателя:**

*а – высоковольтное распределение; низковольтное распределение двух- (б) и четырехвыводной (в) катушек зажигания*

них подается в цилиндр в такте сжатия и производит воспламенение рабочей смеси, в другом цилиндре в это время избыточное давление отсутствует и выделенная в искре энергия расходуется вхолостую. Четырехвыводная катушка снабжена первичной обмоткой, состоящей из двух секций, работающих попеременно. Высоковольтные диоды обеспечивают разделение цепей, так как высоковольтные импульсы такой системы разнополярны. Это является недостатком системы с четырехвыводной катушкой, поскольку, в зависимости от полярности импульса, пробивное напряжение на свече может отличаться на 1,5 – 2 кВ. Катушка может обслуживать и один цилиндр, в этом случае она обычно располагается на свече.

В настоящее время наиболее распространено высоковольтное распределение зажигания, однако развитие электроники позволяет перейти, вернее вернуться, к низковольтному распределению, как, например, на первых автомобилях фирмы «Форд», где имелись 4 прерывателя и 4 катушки зажигания.

При одинаковом принципе работы системы зажигания по своим конструктивным и схемным выполнениям делятся на контактную систему (иначе ее называют классической), контактно-транзисторную и бесконтактную электронные системы зажигания.

## 6.2. Контактная система зажигания

В контактной системе зажигания (рис. 6.4) коммутация в первичной цепи зажигания осуществляется механическим кулачковым прерывательным механизмом. Кулачок прерывателя (рис. 6.5, а) связан с коленчатым валом двигателя через зубчатую или зубчато-ременную передачу, причем частота вращения вала кулачка вдвое меньше частоты вращения вала двигателя. Угол опережения зажигания устанавливается изменением положения кулачка относительно приводного вала или углового положения пластины прерывателя, на которой закреплена ось его подвижного рычажка. Время замкнутого и разомкнутого состояния контактов определяется конфигурацией кулачка, час-

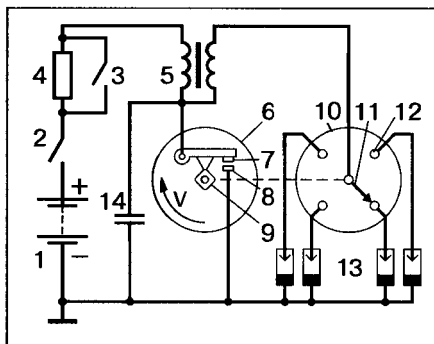


**Рис. 6.4. Принципиальная схема классической контактной системы зажигания:**

1 – аккумуляторная батарея; 2, 3 – контакты выключателя зажигания; 4 – добавочный резистор; 5 – катушка зажигания; 6 – прерыватель; 7, 8 – подвижный и неподвижный контакты прерывателя; 9 – кулачок; 10 – распределитель; 11 – ротор (бегунок); 12 – неподвижный электрод; 13 – свечи зажигания; 14 – конденсатор

тотой вращения и зазором между контактами. Закономерность изменения угла опережения зажигания по частоте вращения коленчатого вала двигателя и его нагрузке различна для разных типов двигателя и подбирается экспериментально. Однако во всех случаях с увеличением частоты вращения коленчатого вала увеличивается скорость движения поршня, и для того, чтобы смесь успела сгореть при увеличении частоты вращения, угол опережения зажигания должен быть увеличен. Для изменения положения кулачка относительно приводного вала в зависимости от частоты вращения служит центробежный регулятор (рис. 6.5, б). Своеобразными датчиками частоты вращения в регуляторе являются грузики, оси вращения которых закреплены на пластине, связанной с приводным валом.

Под действием центробежной силы, зависящей от частоты вращения, грузики стремятся разойтись и повернуть траверсу, жестко связанную с кулачком, при этом центробежная сила преодолевает силу противодействующей пружины. Пример зависимости угла опережения зажигания  $\Theta$ , устанавливаемого центробежным регулятором при изменении частоты вращения  $n$ , представлен на рис. 6.5, б. Ломаный характер зависимости определяется подбором жесткости пружины, массы и конфигурации грузиков. Максимальное значение  $\Theta$  ограничивается упором и лежит в пределах  $30 - 40^\circ$  по углу поворота коленчатого вала (этот угол вдвое меньше по углу поворота приводного вала распределителя (рис. 6.5, б)).

С увеличением нагрузки двигателя, т.е. с увеличением угла открытия дроссельной заслонки, наполнение цилиндров и давление в конце такта сжатия увеличивается, процесс сгорания ускоряется. Следовательно, с увеличением открытия дроссельной заслонки угол  $\Theta$  должен уменьшаться. Изменение угла опережения зажигания по нагрузке двигателя осуществляет вакуумный регулятор (рис. 6.5, в). Вакуумная камера регулятора соединена со впускным трактом двигателя за дроссельной заслонкой. При увеличении нагрузки дроссельная заслонка открывается, давление за ней снижается, и гибкая мембрана через шток поворачивает пластину с контактным механизмом относительно кулачка в сторону уменьшения угла опережения зажигания. Максимальный угол опережения зажигания по нагрузке также ограничивается упором и лежит в пределах  $15 - 25^\circ$  по углу поворота коленчатого вала. Пример характеристики вакуумного регулятора представлен на рис. 6.5, в (угол указан по валу распределителя). В реальной эксплуатации центробежный и вакуумный регуляторы работают совместно.

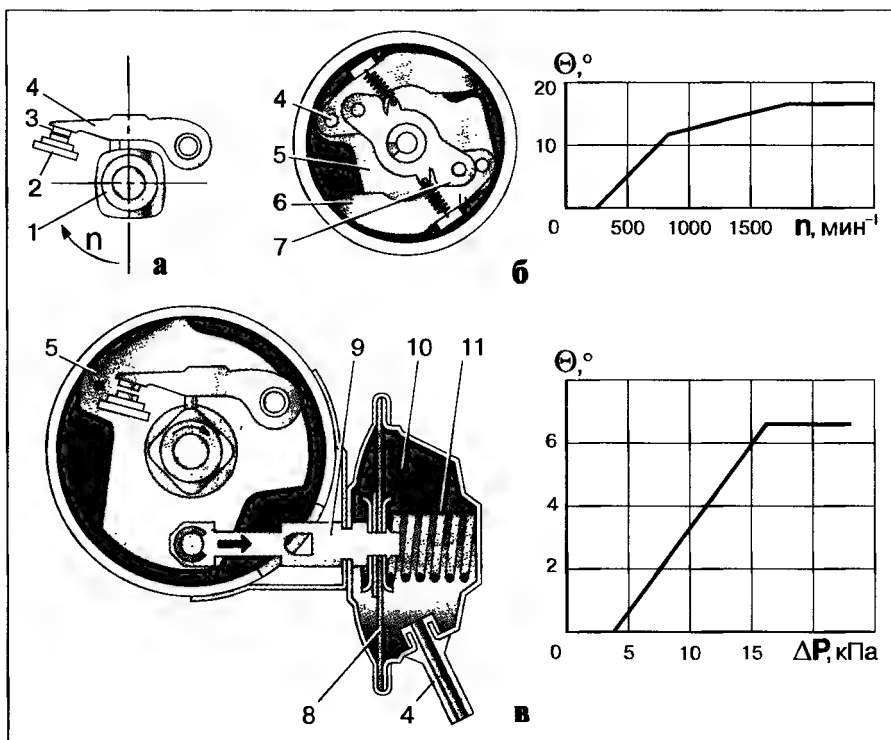


**Рис. 6.5. Конструктивное исполнение элементов контактной системы зажигания:**

**а** – кулачково-прерывательный механизм; **б** – центробежный регулятор опережения зажигания и его характеристика; **в** – вакуумный регулятор опережения зажигания и его характеристика;  $\Theta$  – угол опережения зажигания;  $n$  – частота вращения приводного вала распределителя; 1 – кулачок; 2 – неподвижный контакт; 3 – подвижный контакт; 4 – рычажок прерывателя; 5 – подвижная пластина; 6 – грузики; 7 – траверса; 8 – диафрагма; 9 – шток; 10 – вакуумная камера; 11 – пружина

Если октановое число топлива не соответствует степени сжатия двигателя, то даже при оптимальной установке угла опережения зажигания, соответствующей максимальной мощности двигателя, в нем может возникнуть детонация – чрезвычайно быстрое сгорание рабочей смеси, подобное взрыву. Для предотвращения детонации служит октан-корректор, позволяющий вручную повернуть корпус прерывателя-распределителя в ту или другую сторону. При применении топлива с меньшим октановым числом корпус поворачивается в сторону уменьшения угла опережения зажигания.

Добавочный резистор  $R$  (рис. 6.4) устраняет влияние снижения напряжения в бортовой сети при включении стартера. Для этого он при пуске закорачивается, при нормальной работе на нем падает часть напряжения так, что к катушке зажигания подходит напряжение 7–8 В, на которое она рассчитана.

Добавочный резистор выполняется из никелевой или константановой проволоки, имеет сопротивление 1–1,9 Ом и располагается либо на катушке зажигания, либо отдельно.

Изготовление добавочного резистора из никелевой проволоки позволяет ему выполнить дополнительные функции – защиту первичной цепи от перегрузки, возможной на малой частоте вращения коленчатого вала. Сопротивление никелевого резистора с ростом силы тока возрастает. Там, где напряжение при пуске понижается мало, добавочный резистор не применяется. Распределительный механизм, который объединен в один узел «прерыватель–распределитель» с прерывателем, подводит вывод вторичной обмотки катушки зажигания через контактный уголок к вращающемуся электроду (бегунку), установленному на одном валу с кулачком прерывателя. При вращении ротора высокое напряжение последовательно через воздушный промежуток приблизительно в 0,5 мм, электроды распределителя и высоковольтные провода подается на свечи. Момент прохождения бегунка мимо каждого электрода распределителя синхронизирован с размыканием контактов прерывателя.

На рис. 6.6, а, представлен пример зависимости вторичного напряжения  $U_{2m}$  от частоты вращения  $n_{кв}$  коленчатого вала двигателя.

Время замкнутого состояния контактов прерывателя определяется выражением:

$$t = \frac{120k}{nz}, \quad (2)$$

где  $z$  – число цилиндров двигателя,  $k$ –коэффициент, зависящий от профиля кулачка.

При росте частоты вращения время замкнутого состояния контактов уменьшается, а, значит, уменьшается величина силы тока в момент разрыва контактов  $I_p$

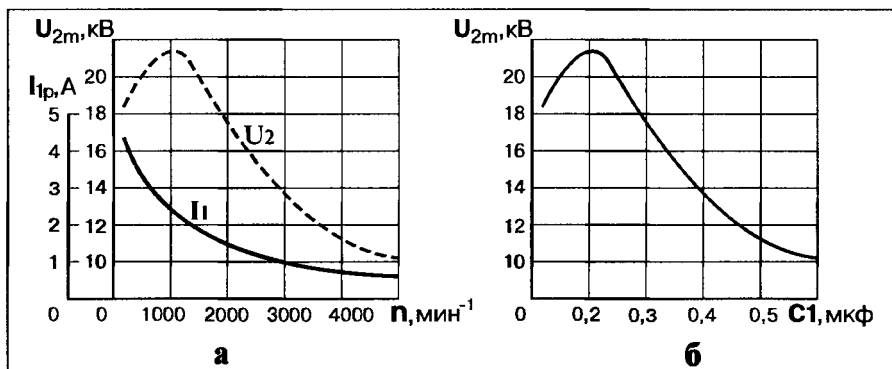


Рис. 6.6. Зависимость силы тока в момент разрыва первичной цепи  $I_p$  и вторичного напряжения  $U_{2m}$  контактной системы зажигания от частоты вращения коленчатого вала двигателя (а) и вторичного напряжения  $U_{2m}$  от емкости первичной цепи  $C1$  (б)

и, как следствие, снижается вторичное напряжение согласно формуле (1). Снижение  $U_{2m}$  при малой частоте вращения объясняется искрением контактов при медленном их размыкании. На рис. 6.6, б приведена зависимость вторичного напряжения от величины емкости  $C1$ , включаемой параллельно контактам прерывателя для снижения их искрения. Эта зависимость соответствует формуле (1).

При малой величине емкости  $C1$  искрение все же возникает и напряжение снижается. Однако и увеличение емкости  $C1$  также снижает вторичное напряжение, поэтому конденсатор подбирается к каждой системе индивидуально. Обычно емкость конденсатора  $C1$  лежит в пределах 0,17–0,35 мкФ. Согласно выражению (1), амплитуда вторичного напряжения снижается и с ростом емкости вторичной цепи  $C2$ . Это создает проблему в случае применения экранированной системы зажигания, так как экранирование вызывает повышение вторичной емкости. Экранирование системы необходимо для снижения уровня радиопомех, создаваемых системой зажигания.

### 6.3. Контактнo–транзисторная система зажигания

Контактнo–транзисторная система зажигания явилась переходным этапом от контактной к бесконтактным электронным системам. В ней устраняется недостаток контактной системы — подгорание и износ контактов прерывателя, коммутирующих цепь с индуктивностью и значительной силой тока. В контактнo–транзисторной системе первичную цепь обмотки возбуждения коммутирует транзистор, управляемый контактами прерывателя. С применением контактнo–транзисторной системы на автомобиле появился новый блок — электронный коммутатор, объединяющий в себе силовой коммутирующий транзистор и элементы схемы его управления и защиты.

На рис. 6.7 представлена схема контактнo–транзисторного зажигания с коммутатором ТК 102, которая более четверти века обеспечивает зажигание восьмицилиндровых двигателей автомобилей ЗИЛ и ГАЗ. При замыкании контактов прерывателя через них начинает протекать ток базы транзистора VT1, который открывается и включает первичную обмотку катушки зажигания к источнику питания. При размыкании контактов прерывателя транзистор VT1 закрывается, ток в первичной цепи резко прерывается и на свечах появляется всплеск высокого напряжения, как и в контактной системе. Характеристики контактнo–

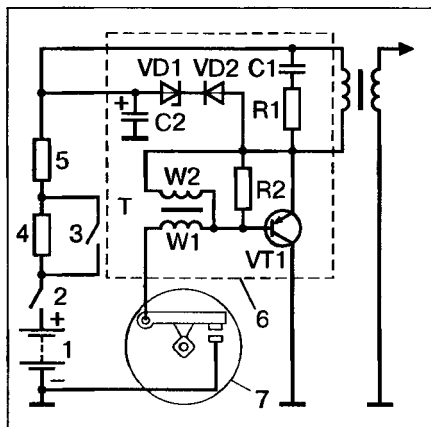


Рис. 6.7. Схема контактнo–транзисторной системы зажигания с коммутатором ТК 102: 1 – аккумуляторная батарея; 2, 3 – контакты выключателя зажигания; 4, 5 – добавочные резисторы; 6 – коммутатор; 7 – прерыватель



транзисторной системы аналогичны контактной, за исключением того, что снижения вторичного напряжения на низких частотах вращения кулачка не происходит. Импульсный трансформатор Т в схеме ускоряет запираание транзистора, цепь VD1, VD2 защищает транзистор от перенапряжений, а конденсатор С2 – от случайных импульсов напряжения по цепи питания. Конденсатор С1 способствует уменьшению коммутационных потерь в транзисторе. Добавочный резистор 4 закорачивается при пуске двигателя.

Срок службы контактов прерывателя в контактно–транзисторной системе больше, чем в контактной, так как базовый ток, коммутируемый ими, невелик. Однако механический износ прерывательного механизма, влияние вибраций на работу контактов в системе не устранены. В настоящее время выпускаются различные электронные блоки, улучшающие работу контактной системы зажигания и фактически превращающие ее в контактно–транзисторную (ТАНДЕМ–2, БУЗ–06, ОКТАН–1, ЭРУОЗ и др.).

## 6.4. Электронные системы зажигания

В электронных системах зажигания контактный прерыватель заменен бесконтактными датчиками. В качестве датчиков используются оптоэлектронные датчики, датчики Виганда, но наиболее часто магнитоэлектрические датчики (МЭД) и датчики Холла (ДХ).

МЭД бывают генераторного (рис. 6.8, а) и коммутаторного (рис. 6.8, б) типов. В генераторном датчике вращается постоянный магнит, помещенный внутри клювообразного магнитопровода. При этом в катушке, надетой на свой клювообразный магнитопровод, наводится ЭДС. В МЭД коммутаторного типа вращается зубчатый ротор из магнитомягкого материала, а магнит неподвижен. ЭДС в катушке наводится за счет изменения величины ее магнитного потока при совпадении и расхождении выступов статора и ротора. Недостатком МЭД является зависимость величины выходного сигнала от частоты вращения, а также значительная величина индуктивности катушки, вызывающая запаздывание в прохождении сигнала.

От этих недостатков избавлен датчик Холла. Особенность состоит в том, что ЭДС, снимаемая с двух граней его чувствительного элемента, пропорциональна произведению силы тока, подводимого к

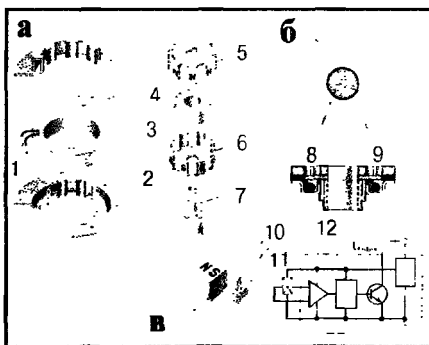


**Рис. 6.8. Датчики бесконтактной системы зажигания:**

а – магнитоэлектрический генераторный с клювообразным статором; б – магнитоэлектрический коммутаторного типа; в – датчик Холла;

1 – катушка; 2, 3 – клювообразные половины статора; 4 – магнит; 5, 6 – клювообразные половины ротора; 7 – приводная втулка; 8 – зубчатый ротор; 9 – зубчатый статор; 10 – экран (шторки); 11 – чувствительный элемент датчика Холла; 12 – микросхема

двум другим граням. на величину индукции магнитного поля, пронизывающего датчик. В реальных системах магнитное поле создается неподвижным магнитом, который отделен от датчика магнитомягким экраном с прорезями (рис. 6.8, в). Если между магнитом и чувствительным элементом попадает стальной выступ, магнитный поток им шунтируется и на датчик не попадает. ЭДС на выходе чувствительного элемента отсутствует. Прорезь беспрепятственно пропускает магнитный поток, и на выходе элемента появляется ЭДС. Обычно датчик Холла совмещают с микросхемой, стабилизирующей ток его питания и усиливающей выходной сигнал. В реальном датчике эта схема инvertирует сигнал, т.е. напряжение на его выходе появляется, когда выступ экрана проходит мимо чувствительного элемента.

Наиболее простой в схемном и функциональном исполнении является бесконтактная система зажигания с нерегулируемым временем накопления энергии.

#### 6.4.1. Бесконтактные системы зажигания с нерегулируемым временем накопления энергии

Бесконтактная система зажигания с нерегулируемым временем накопления энергии принципиально отличается от контактно-транзисторной только тем, что в ней контактный прерыватель заменен бесконтактным датчиком. На рис. 6.9 приведена схема системы с коммутатором 13.3734-01 автомобилей "Волга".

Сигнал с обмотки L магнитоэлектрического датчика через диод VD2, пропускающий только положительную полуволну напряжения, и резисторы R2, R3 поступает на базу транзистора VT1. Транзистор открывается, шунтирует переход база-эмиттер транзистора VT2, который закрывается. Закрывается и транзистор VT3, ток в первичной обмотке катушки зажигания прерывается, и на выходе вторичной обмотки возникает высокое напряжение. В отрицательную полуволну напряжения транзистор VT1 закрыт, открыты VT2 и VT3, и ток начинает протекать через первичную обмотку катушки возбуждения. Очевидно, что число пар полюсов датчика должно соответствовать числу цилиндров двигателя.

Цепь R3-C1 осуществляет фазосдвигающие функции, компенсирующие фа-

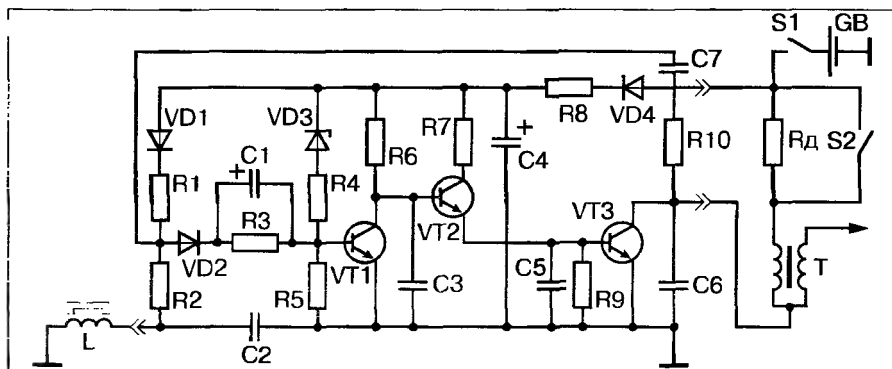


Рис. 6.9. Принципиальная электрическая схема бесконтактной системы зажигания с коммутатором 13.3734-01

зовое запаздывание протекания тока в базе транзистора VT1 из-за значительной индуктивности обмотки датчика L, чем снижается погрешность момента искрообразования.

Стабилитрон VD3 и резистор R4 защищают схему коммутатора от повышенного напряжения в аварийных режимах, так как, если напряжение в бортовой цепи превышает 18 В, цепочка начинает пропускать ток, транзистор VT1 открывается и закрывается выходной транзистор VT3. Цепями защиты от опасных импульсов напряжения служат конденсаторы C3, C4, C5, C6; диод VD4 защищает схему от изменения полярности бортовой сети. Установка угла опережения зажигания по частоте вращения коленчатого вала и нагрузке двигателя осуществляется так же, как в контактном зажигании. Форма и величина выходного напряжения магнитозлектрического датчика изменяются с частотой вращения, что влияет на момент искрообразования.

В системе, кроме того, не устранен существенный недостаток контактного зажигания – уменьшение вторичного напряжения при росте частоты вращения коленчатого вала. Поэтому более перспективна система с регулированием времени накопления энергии.

#### 6.4.2. Система зажигания с регулированием времени накопления энергии

Регулируя время накопления энергии, т.е. время, когда первичная цепь катушки зажигания подключена к сети питания, можно сделать ток разрыва этой цепи независимым или мало зависимым от частоты вращения коленчатого вала двигателя, а значит, и избавиться от недостатка контактной системы зажигания – снижения вторичного напряжения с ростом частоты вращения. Принцип такого регулирования состоит в том, чтобы с ростом частоты вращения увеличить относительное время включения катушки зажигания в сеть так, чтобы абсолютное время включения осталось неизменным. На рис. 6.10 представлена система зажигания автомобиля ВАЗ-2108 с электронным коммутатором 36.3734 и датчиком Холла. В коммутаторе при-

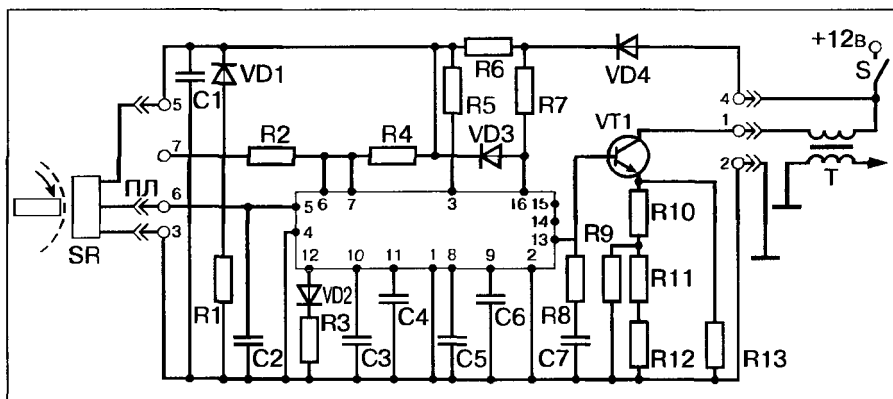


Рис. 6.10. Принципиальная электрическая схема зажигания с коммутатором 36.3734

менена микросхема L497B. Стабилизация величины вторичного напряжения достигается в схеме двумя путями – во-первых, регулированием времени нахождения транзистора VT1 в открытом состоянии. т.е. времени включения первичной цепи обмотки зажигания в сеть, во-вторых, ограничением величины тока в первичной цепи величиной около 8 А. Последнее, кроме того, предотвращает перегрев катушки.

Схема работает следующим образом – с датчика Холла на вход коммутатора приходит сигнал прямоугольной формы, величина которого приблизительно на 3 В меньше напряжения питания, а длительность соответствует прохождению выступов экрана мимо чувствительного элемента датчика. Нижний уровень сигнала 0,4 В соответствует прохождению прорези.

В момент перехода от высокого уровня к низкому происходит искрообразование.

В микросхеме коммутатора сигнал в блоке формирования периода накопления энергии сначала инвертируется, затем интегрируется. На выходе интегратора образуется пилообразное напряжение, величина которого тем больше, чем меньше частота вращения двигателя. Это напряжение поступает на вход компаратора, на другой вход которого подано опорное напряжение. Компаратор преобразует величину напряжения во время. Сигнал на входе компаратора имеет место тогда, когда величина пилообразного напряжения достигает опорного и превышает его. При большой частоте вращения величина пилообразного напряжения мала, соответственно мала и длительность сигнала на выходе компаратора. С исчезновением выходного сигнала компаратора через схему управления открывается транзистор VT1, и первичная цепь зажигания включается в сеть. Следовательно, время накопления энергии в катушке соответствует времени отсутствия сигнала на выходе компаратора. Уменьшение длительности выходного сигнала компаратора позволяет увеличить относительную величину времени накопления энергии и тем самым стабилизировать ее абсолютное значение.

Блок ограничения силы выходного тока срабатывает по сигналу, снимаемому с резисторов, включенных последовательно в первичную цепь зажигания. Если этот сигнал достигает уровня, соответствующего силе тока 8 А, блок переводит выходной транзистор в активное состояние с фиксированием этой величины тока.

Блок безискровой отсечки отключает катушку зажигания в случае, если включено электропитание, но вал двигателя неподвижен. При этом, если при остановленном двигателе выходное напряжение датчика соответствует низкому уровню, катушка отключается сразу, в противном случае отключение происходит через 2 – 5 с.

Схема насыщена элементами защиты от всплесков напряжения и включения обратной полярности питания. Регулировка угла опережения зажигания осуществляется традиционными способами, т.е. центробежным и вакуумным регуляторами.

Микросхема L497B применяется в двухканальном коммутаторе 64.3734–20 для систем с низковольтным распределителем энергии. В коммутаторе 6420.3734 применен выходной транзистор BY 931 ZPF1 с внутренней защитой от перенапряжений, что в значительной мере повысило надежность работы коммутатора.

#### **6.4.3. Микропроцессорные системы зажигания**

В микропроцессорной системе зажигания применяется электронное управление углом опережения зажигания. Как правило, микропроцессорная система одновременно управляет и системой топливоподдачи либо полностью (система «Motronic»

фирмы «Bosch»), либо каким-либо ее элементом, чаще всего экономайзером принудительного холостого хода (автомобиль ВАЗ–21083, ГАЗ–3302 "Газель" и др.).

Центральной частью микропроцессорной системы является контроллер (микро-ЭВМ, микропроцессор).

На рис. 6.11 представлена структурная схема контроллера МС2713 "Электроника", применяющаяся на некоторых модификациях автомобилей «Волга», «Газель», ЗИЛ–4314, ВАЗ–21083. В задачу контроллера входит обработать информацию, поступающую от датчиков, и в соответствии с ней, установив оптимальный для данного режима угол опережения зажигания, дать команду через коммутатор на образование искры зажигания. В режиме принудительного холостого хода контроллером выдается команда на прекращение топливоподдачи. Контроллер получает информацию от индукционных датчиков: начала отсчета НО, установленного на картере сцепления так, что он генерирует импульс напряжения в момент прохождения в его магнитном поле стального штифта, укрепленного на маховике, при положении в верхней мертвой точке поршней 1 и 4 цилиндров, и датчика угловых импульсов УИ, реагирующего на прохождение зубьев венца маховика и снабжающего контроллер информацией о частоте вращения и угле поворота коленчатого вала двигателя, полупроводникового датчика температуры охлаждающей жидкости  $t^0$  порогового типа, информирующего о достижении температуры заданного уровня, датчика разряжения во впускном коллекторе Р тензометрического типа, информирующего о нагрузке двигателя.

Для управления экономайзером принудительного холостого хода (ЭПХХ) сиг-

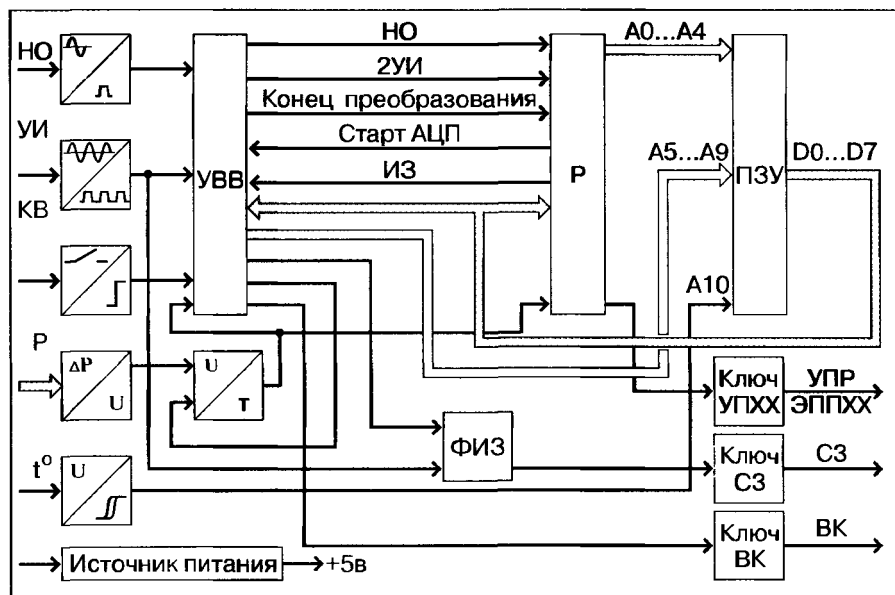


Рис. 6.11. Структурная схема микропроцессорной системы зажигания с контроллером МС–2713

нал поступает с концевого выключателя КВ от дроссельной заслонки.

Сигналы с датчиков НО и УИ преобразуются преобразователем сигналов в прямоугольные импульсы с логическими уровнями интегральных микросхем, сигнал с датчика разряжения, величина которого по напряжению пропорциональна разряжению, также преобразуется во временные импульсы.

Система работает следующим образом: в постоянно запоминающем устройстве ПЗУ контроллера записана информация об оптимальном угле опережения зажигания в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя. Информация записана в двух вариантах – характеристики для холодного (температура охлаждающей жидкости ниже  $65^{\circ}\text{C}$ ) и прогретого двигателя. Нужная характеристика выбирается по сигналу с датчика температуры, поступающего на 10-й разряд адреса ПЗУ А10. Процессор Р, выполненный на микросхеме КМ1823ВУ1, формирует сигнал «старт АЦП», по которому устройство ввода-вывода (УВВ) запускает преобразователь «напряжение – время» и начинает изменение напряжения с датчика загрузки двигателя в цифровой код. По сигналу "Конец преобразования" устанавливается в сети адрес ПЗУ в разрядах А5–А9 с допуском к необходимой информации. Начало измерения загрузки двигателя и вычисления угла опережения зажигания синхронизировано с импульсом НО. Вычисление угла опережения зажигания реализуется процессором по жесткому алгоритму. Когда величина вычисленного угла совпадает с углом поворота коленчатого вала, по сигналу с процессора через УВВ включается блок ФИЗ (формирователь импульсов зажига-

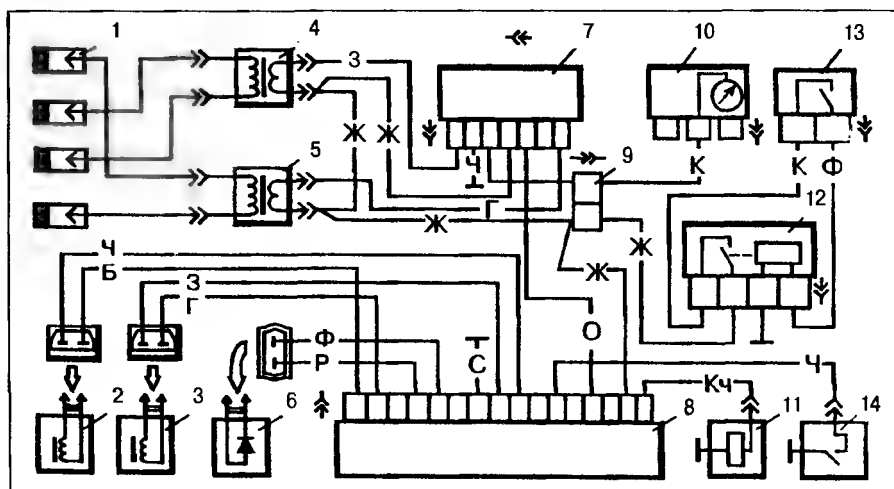


**Рис. 6.12. Схема микропроцессорной системы зажигания ГАЗ-3302 с контроллером МС-2713-01 и коммутатором 6420.3734:**

1 – свечи зажигания; 2 – датчик начала отсчета; 3 – датчик угловых импульсов; 4, 5 – катушки зажигания; 6 – датчик температуры; 7 – коммутатор; 8 – контроллер; 9 – штекерная колодка; 10 – комбинация приборов; 11 – электромагнитный клапан экономайзера принудительного холостого хода; 12 – реле разгрузки выключателя зажигания; 13 – выключатель зажигания; 14 – микровыключатель

ния) на микросхеме КМ1823АГ1, вырабатывающий импульсы зажигания постоянной скважности, подаваемые через ключ СЗ на выход блока управления.

Каналы управления многоканального коммутатора выбираются по сигналу ИЗ, через ключ выбора канала ВК.

На рис. 6.12 представлена схема соединения микропроцессорной системы автомобиля ГАЗ–3302 "Газель".

## 6.5. Элементы систем зажигания

### 6.5.1. Катушка зажигания

В настоящее время применяются два вида катушек – с разомкнутым и замкнутым магнитопроводом. Они могут выполняться по трансформаторной и автотрансформаторной схемам соединения обмоток. В автотрансформаторной схеме уменьшается число выводов, и в создании высокого напряжения участвует и первичная катушка, включенная последовательно со вторичной. Трансформаторная связь обычно применяется в катушках электронных систем зажигания во избежание опасных воздействий всплесков напряжения при разряде на электронные элементы. На рис. 6.13, а представлена катушка с разомкнутым магнитопроводом.

Сердечник катушки набран из листов электротехнической стали. Вторичная обмотка, намотанная на изоляционную втулку, располагается на сердечнике. Число витков этой обмотки лежит в пределах 16–40 тыс., диаметр провода 0,06–0,09 мм. Поверх вторичной обмотки через изоляционную прокладку располагается первичная обмотка. Такое расположение способствует лучшему ее охлаждению. Обмотка имеет 260 – 330 витков провода диаметром 0,5–0,9 мм. Начало вторичной обмотки соединено с пружиной и латунной вставкой для соединения с высоковольтным проводом. На низковольтные выводы подводятся совместное соединение вторичной и первичной обмоток и вывод первичной обмотки. Обмотки с сердечником помещены в кожух, от которого сердечник изолирован керамическим изолятором. Рядом с кожухом располагается витой наружный магнитопровод, увеличивающий индуктивность катушки. Между кожухом катушки и крышкой, выполненной из высоковольтной пластмассы, проложена герметизирующая прокладка. Соединение крышки с кожухом выполнено завальцовкой, что делает конструкцию неразборной. Внутренняя полость катушки заполнена трансформаторным маслом. У катушек систем с регулируемым временем накопления энергии, имеющих низкое сопротивление первичной обмотки (0,4 – 0,5 Ом), позволяющее ускорить процесс нарастания первичного тока, в случае отказа ограничителя тока в контроллере чрезмерный перегрев катушки может вызвать взрыв. Для его предотвращения некоторые катушки снабжены предохранительным клапаном, срабатывающим при повышении давления внутри катушки. После срабатывания клапана катушка восстановлению не подлежит.

Катушки с замкнутым магнитопроводом (рис. 6.13, б) получают в последнее время все большее распространение. Наличие замкнутого магнитопровода позволяет накопить необходимую для воспламенения рабочей смеси энергию в

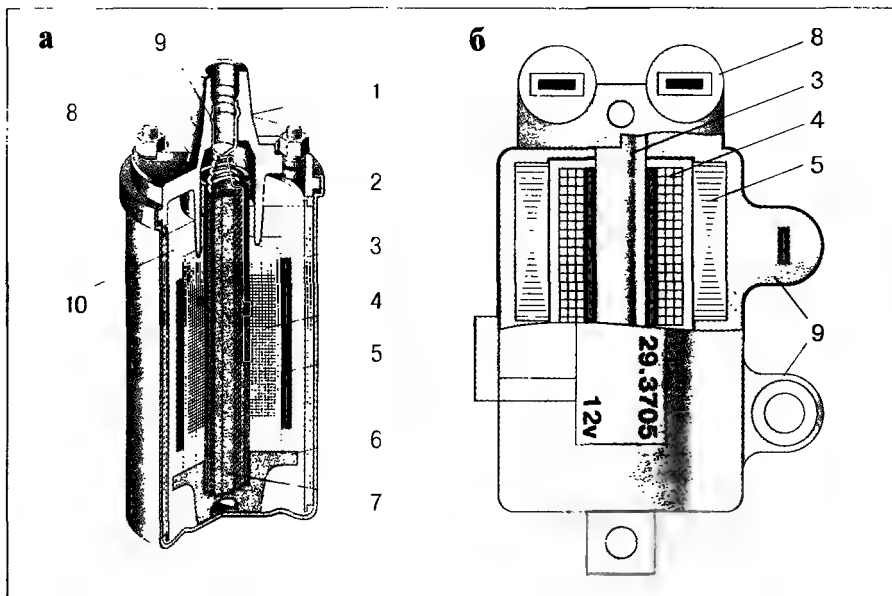


**Рис. 6.13. Конструкция катушек зажигания:**

**а** – маслонаполненной, с разомкнутым магнитопроводом; **б** – сухой, с замкнутым магнитопроводом; 1 – крышка; 2 – корпус; 3 – магнитопровод; 4 – вторичная обмотка; 5 – первичная обмотка; 6 – керамический изолятор; 7 – наборный сердечник; 8 – низковольтный вывод; 9 – высоковольтный вывод; 10 – масло

значительно меньшем объеме катушки. снизить расход обмоточной меди, трудоемкость изготовления. Малые размеры специальных катушек позволяют размещать их прямо на свечах зажигания.

Магнитопровод катушки набирается из листов электротехнической стали толщиной 0,35 мм. Его только условно можно назвать замкнутым, так как в нем имеется воздушный зазор 0,3–0,5 мм, препятствующий насыщению магнитопровода, сдерживающего изменения магнитного потока магнитопровода и, следовательно, вредно влияющего на образование вторичного напряжения.

Вторичная обмотка намотана на секционный пластмассовый каркас. Такая конструкция обмотки уменьшает ее емкость и снижает вероятность межвиткового пробоя. Обмотки катушки помещаются в пластмассовый корпус и заливаются эпоксидным компаундом. Полученная монолитная конструкция собирается вместе с магнитопроводом.

В четырехвыводных катушках, имеющих первичную обмотку, разделенную на две части, работающие попеременно, что обеспечивает возможность в системах с низковольтным распределением энергии обслужить одной катушкой сразу четыре цилиндра, в катушку вставляются высоковольтные разделительные диоды.

Технические данные некоторых катушек зажигания приведены в табл. 6.1.



Таблица 6.1. Характеристики катушек зажигания

| Катушки | Первичная обмотка |                    | Вторичная обмотка  |             | Коэффициент трансформации, $W_2/W_1$ | Добавочный резистор |
|---------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------------------------------|---------------------|
|         | Сопротивление, Ом | Индуктивность, мГн | Сопротивление, кОм | Емкость, пФ |                                      |                     |
| Б114    | 0,37–0,41         | 3–3,3              | 21,5–23            | 31–36       | 227                                  | СЭ107               |
| Б115    | 1,86–2            | 9,3–9,8            | 8,3–9,2            | 38–44       | 68                                   | Б115                |
| Б116    | 0,78–0,79         | 5,4–5,6            | 15,6               | 55–57       | 153                                  | СЭ107               |
| Б117    | 3,1–3,3           | 10–11              | 6,3–9,2            | 44–47       | 78,5                                 | –                   |
| Б118*   | 0,72–0,73         | 5,6–5,8            | 15                 | 55–57       | 115                                  | СЭ325               |
| 27.3705 | 0,4–0,5           | 3,7–3,8            | 4,5–5,5            | 31          | 82                                   | –                   |
| 29.3705 | 0,45–0,55         | 4,1–4,4            | 11                 | 37          | 90                                   | –                   |
| 30.3705 | 0,4–0,55          | 5,6–6,2            | 6,3–6,4            | 24          | 70                                   | –                   |

\* – экранированное исполнение.

### 6.5.2. Распределители зажигания

Распределители зажигания управляют моментом искрообразования и распределением искры по цилиндрам. В зависимости от того, выполнен ли механизм искрообразования контактным или бесконтактным, распределители делятся на прерыватели–распределители и датчики–распределители. На рис. 6.14, а изображен прерыватель–распределитель, а на рис. 6.14, б – датчик–распределитель.

Прерыватели–распределители имеют устоявшуюся конструкцию и отличаются, в основном, элементами подсоединения к двигателю и числом выводов, зависящим от числа цилиндров двигателя. Они объединяют в один узел контактный прерыватель тока в первичной цепи катушки зажигания, центробежный и вакуумный регуляторы угла опережения зажигания и высоковольтный распределитель.

Кулачок прерывательного механизма имеет число выступов по числу цилиндров двигателя. Конструкция прерывательного механизма, а также центробежного и вакуумного автоматов была описана ранее.

Высоковольтный распределитель содержит пластмассовый ротор с центральным электродом и боковые электроды, установленные в пластмассовой крышке. Ротор закреплен на валу, связанном с подвижной пластиной регулятора опережения зажигания. Импульсы высокого напряжения поступают на центральный электрод от катушки зажигания через подпружиненный угольный электрод и помехоподавительный резистор (1–6 кОм), закрепленный в углублении ротора.

При вращении ротора импульсы высокого напряжения передаются от центрального электрода через зазор к боковым электродам, а от них через высоковольтные провода к свечам. Провода к боковым электродам подсоединяются в соответствии с порядком работы цилиндров.

На корпусе распределителя закреплен конденсатор, включенный параллельно контактам прерывателя для уменьшения их искрения.

У прерывателей–распределителей контактно–транзисторных систем зажигания этот конденсатор отсутствует.

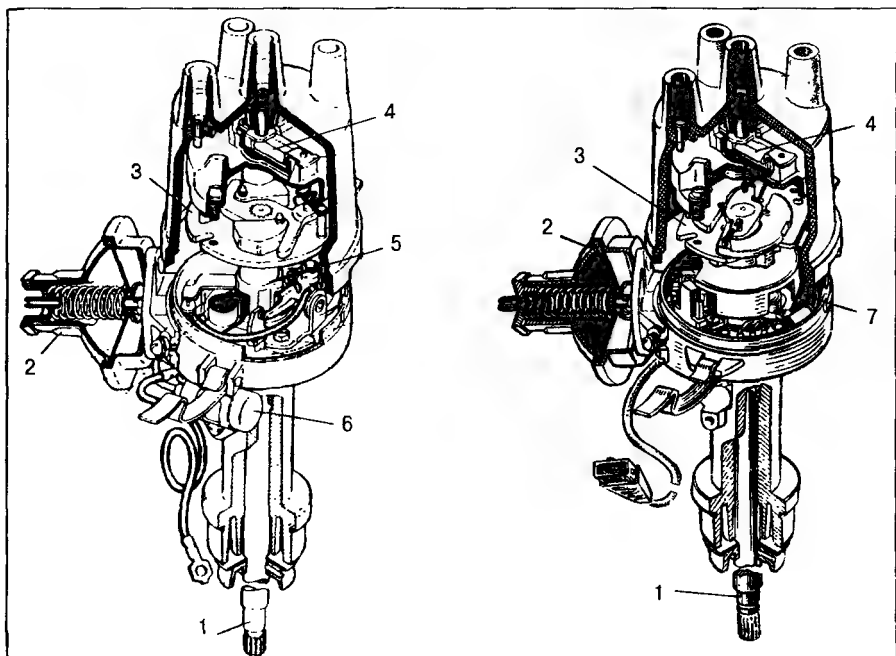


**Рис. 6.14. Распределитель зажигания 0.3706.01 (а) и датчик-распределитель 5301.3706 (б):**  
 1 – приводной вал; 2 – вакуумный регулятор; 3 – центробежный регулятор; 4 – ротор распределителя («бегунок»); 5 – прерывательный механизм; 6 – конденсатор; 7 – бесконтактный датчик

Датчики-распределители отличаются в основном тем, что у них контактный прерыватель заменен бесконтактным датчиком (микрореле). В бесконтактном датчике магнитоэлектрического типа число пар полюсов соответствует числу цилиндров двигателя, в датчике Холла этому числу соответствует число прорезей вращающегося магнитного экрана. Центробежный регулятор угла опережения зажигания в магнитоэлектрическом датчике поворачивает втулку с расположенным на ней ротором датчика, в датчике Холла поворачивается муфта с закрепленным на ней магнитным экраном (шторкой). Вакуумные автоматы поворачивают пластину крепления микрореле. Октан-корректор имеет шкалу со знаками «+» и «-» для увеличения и уменьшения угла опережения и риски, соответствующие изменению угла опережения зажигания.

В последних конструкциях датчиков-распределителей, например, переднеприводных автомобилей ВАЗ, с целью повышения точности установки момента искробразования привод распределителя осуществляется непосредственно от распределительного вала двигателя, при этом распределитель крепится на головку блока цилиндров двигателя.

Крышка датчиков-распределителей бесконтактных систем зажигания обычно увеличена в диаметре по сравнению с распределителями контактной системы, что предотвращает вероятность высоковольтного пробоя между

Таблица 6.2. Технические данные некоторых типов распределителей

| Распределитель | Число обслуживаемых цилиндров | Угол опережения регуляторов, град                                                               |                                                            |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                |                               | центробежного                                                                                   | вакуумного                                                 |
| 24.3706*       | 8                             | 0-2/200**<br>3,5-5,5/500<br>8-10/1000<br>13-15/1500                                             | 0-2/0,013<br>4,5-6,5/0,027<br>7,5-9,5/0,033                |
| 30.3706        | 4                             | 0-1/400<br>3-5/700<br>8-10/1100<br>9,5-11,5/1400<br>14,5-16,5/2500                              | 0-2/0,011<br>1-3/0,013<br>3,75-5,75/0,019<br>5-7/0,021     |
| 38.3706*       | 4                             | 0-1/400<br>3-5/700<br>8-10/1100<br>9,5-11,5/1700<br>14,5-16,5/2500                              | 0-2/0,011<br>1-3/0,013<br>3,75-5,75/0,019<br>5-7/0,021     |
| 40.3706*       | 4                             | 0-5/500<br>3,25-5,25/1100<br>5,5-7,5/1300<br>8,25-10,25/2000<br>11-13/2800                      | 0-2/0,015<br>3,25-5,25/0,02<br>6-8/0,024                   |
| 46.3706        | 8                             | 0-2/500<br>4,5-6,5/1000<br>8-10/1400                                                            | 0-1/0,013<br>1-3/0,021                                     |
| 47.3706        | 4                             | 0-1,75/900<br>1,75-3,5/1200<br>4,75-6,5/1700<br>6,75-8,5/2300<br>8,5-10,5/2500<br>8,5-10,5/3000 | 0-2,5/0,013<br>3,5-6/0,015<br>9,5-12/0,02<br>9,5-12/0,027  |
| 53.3706*       | 4                             | 1,5-3,5/500<br>3,5-5,5/800<br>5,5-7,5/1100<br>9,5-11,5/1500<br>11-13/2000                       | 0-2/0,011<br>3,5-5,5/0,013<br>6,5-8,5/0,016                |
| 54.3706*       | 4                             | 1,75-3,5/1200<br>4,75-6,5/1700                                                                  | 0-2,5/0,011<br>3,5-6/0,013<br>9,5-12/0,023<br>9,5-12/0,024 |

\* – датчик-распределитель,

\*\* – дробью указаны соответствующие углу опережения частоты вращения в мин<sup>-1</sup> и разрежения в Па.

электродами крышки. Крышки таких распределителей изготавливают из специальной высоковольтной пластмассы на основе полибутилентерефталатов.

Возможно исполнение распределителя как неотъемлемого элемента конструкции самого двигателя. В этом случае ротор закрепляется непосредственно на распределительном валу.

### 6.5.3. Свечи зажигания

Свеча зажигания должна обеспечивать гарантированное воспламенение рабочей смеси в цилиндрах двигателя при подаче на нее высокого напряжения. Расположение свечи в головке блока цилиндров и частично в камере сгорания создает чрезвычайно напряженные условия ее работы.

При работе двигателя температура в камере сгорания колеблется от 70 до 2500°C, максимальное давление достигает 5–6 МПа, напряжение на свече достигает 20 кВ. Это накладывает отпечаток на конструкцию свечи. Первоначально выпускавшиеся отечественные свечи были разборной конструкции, в настоящее время выпускаются только неразборные свечи (рис. 6.15, а).

Корпус свечи представляет собой полу резьбовую конструкцию с головкой под шестигранный ключ. Внутри корпуса располагается керамический изолятор, выполненный из уралита, боркорунда, синоксаля, хелумина или других материалов, обладающих высокой температурной, электрической и механической стойкостью. Изолятор должен выдерживать напряжение не менее 30 кВ при максимальной температуре.

Внутри изолятора закреплен центральный электрод и контактный стержень. Центральный электрод изготавливается из хромотитановой стали 13Х25Т или хромоникелевого сплава Х20Н80. В свечах с расширенным температурным диапазоном («термозластик») центральный электрод выполняется из меди, серебра или платины с термостойким покрытием рабочей части.

Герметизация центрального электрода и контактного стержня производится специальной токопроводящей стекломассой.

К корпусу свечи приварен боковой электрод из никельмарганцевого или хромоникелевого сплава. Некоторые фирмы, например, Bosch, применяют до четырех боковых электродов в свече. Увеличение числа боковых элект-

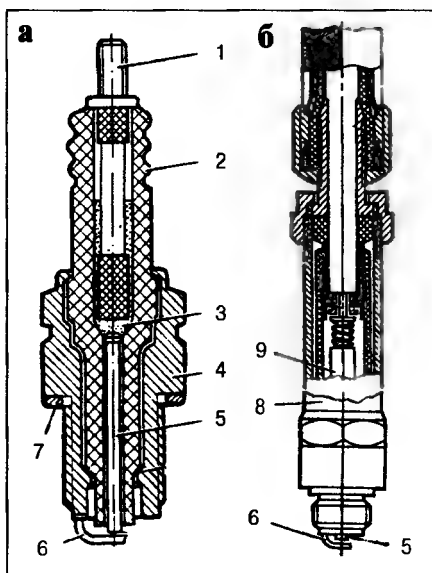


**Рис. 6.15. Конструкция свечи зажигания:**

**а** – незранированная; **б** – экранированная;

1 – контактный стержень; 2 – изолятор;

3 – токопроводящий герметик; 4 – корпус;

5 – центральный электрод; 6 – боковой электрод;

7 – уплотнительное кольцо; 8 – экран;

9 – помехоподавительный резистор

родов способствует снижению устойчивой частоты вращения коленчатого вала двигателя за счет более разветвленной и стабильной искры. Между центральным и боковым электродами устанавливается зазор 0,5–1,2 мм. Чем больше зазор, тем больше воспламеняющая способность искры, но при этом от системы зажигания требуется более высокое напряжение. Зимой рекомендуется использовать минимальные зазоры или даже уменьшать их на 0,1–0,2 мм.

Для контактной системы зажигания автомобилей ВАЗ обычно рекомендуется зазор 0,5–0,6 мм, «Москвич» – 0,8–0,9 мм, для бесконтактных систем – 0,7–0,8 мм.

Уплотнительное кольцо обеспечивает герметизацию цилиндра.

Герметизированные экранированные свечи, например, СН443 (рис. 6.15, б), имеют встроенный помехоподавительный резистор.

Калильное число является важнейшей характеристикой свечи, которая оценивает ее тепловые свойства.

Нормальная работа свечи происходит при температуре теплового конуса изолятора 400 – 900°C. При температуре ниже 400°C на свече образуется нагар, который вызывает перебои в работе двигателя, при температуре выше 920°C возникает калильное зажигание – самовоспламенение топливной смеси от нагретого конуса свечи. Калильное число определяется на специальном одноцилиндровом эталонном двигателе, степень сжатия которого изменяют до возникновения калильного зажигания. Среднее индикаторное давление, при возникновении калильного зажигания, соответствует калильному числу, которое должно принадлежать ряду: 8; 11; 14; 17; 20; 23; 26. В некоторых странах под калильным числом понимают время работы эталонного двигателя до начала калильного зажигания. Так обозначает калильное число, например,

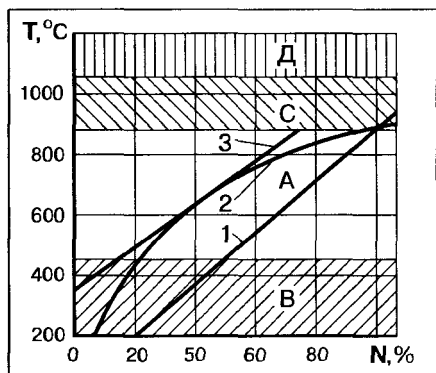


Рис. 6.16. Зависимость температуры теплового конуса свечи от нагрузки двигателя. Зоны температур:

А – самоочищения электродов; В – интенсивного нагарообразования; С – перегрева изолятора; Д – калильного зажигания;

1 – «горячая» свеча; 2 – «холодная» свеча;

3 – свеча «термозластик»

фирма Bosch. Теплоотдача свечи определяется целым рядом параметров и, в частности, зависит от длины теплового конуса изолятора. Длинный тепловой конус затрудняет теплоотвод, нижняя часть свечи плохо охлаждается. Такую свечу называют «горячей», она соответствует малым значениям калильного числа и рекомендуется для тихоходных двигателей с низкой степенью сжатия. Короткий тепловой конус характерен для «холодной» свечи с большими значениями калильного числа, рекомендуется для быстроходных форсированных двигателей.

Применение меди, серебра и платины для изготовления центрального электрода повышает теплоотдачу и расширяет температурный диапазон свечи. На рис. 6.16 приведены зависимости температуры теплового конуса свечи от нагрузки двигателя для

«горячей», «холодной» свечи и свечи «термоэластик», т.е. свечи широкого температурного диапазона.

Маркировка отечественных свечей содержит расширенную информацию о их конструкции и свойствах. Первая буква определяет размеры резьбы: А – М14х1,25; М – М18х1,5; вторая буква характеризует особенности конструкции свечи: К – с коническим уплотнением без прокладки, М – малогабаритная; следующая цифра указывает калильное число, стоящие после цифры буквы Д или М обозначают длину резьбовой части 19 или 11 мм, при отсутствии буквы длина равна 12 мм; буква В соответствует выступанию теплового конуса изолятора за торец корпуса, Т – указывают на герметизацию центрального электрода термоцементом. Через дефис может указываться порядковый номер разработки. Похожее обозначение имеют свечи фирмы Bosch. Первая буква в их обозначении W соответствует отечественной А, D соответствует М, далее может идти буква, обозначающая исполнение свечи (R – со встроенным резистором), затем цифра, характеризующая ее тепловые характеристики (чем меньше, тем свеча «холоднее»), затем идет буквенное обозначение длины резьбы (D соответствует 19 мм), наконец, буквенное обозначение числа боковых электродов, если их больше одного (D – два, Т – три, Q – четыре), и исполнение центрального электрода: С–медь, Р–платина, S–серебро.

#### **6.5.4. Высоковольтные провода**

Высоковольтные провода подразделяются на обычные с металлическим центральным проводником и специальные с распределенными параметрами, обеспечивающие подавление радиопомех.

Провода с медной жилой ПВВ, ПВРВ, ППОВ и ПВЗС имеют изоляцию из поливинилхлорида, резины и полиэтилена, поверх которой у проводов ПВРВ, ППОВ и ПВЗС надета оболочка повышенной бензостойкости. Эти провода обладают низким сопротивлением центральной жилы  $(18-19) \cdot 10^{-3}$  Ом/м, рассчитаны на максимальное рабочее напряжение 15–25 кВ и могут применяться только в комплекте с помехоподавительными резисторами.

Провода с равномерно распределенным сопротивлением делятся на провода с распределенным активным сопротивлением (резистивный провод) и реактивным сопротивлением (реактивный провод). Резистивный провод имеет токопроводящую жилу из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной сажевым раствором, в хлопчатобумажной или капроновой оплетке. Провод ПВВО такого типа обладает сопротивлением  $(15-40) \cdot 10^3$  Ом/м и рассчитан на максимальное рабочее напряжение 15 кВ.

Реактивный провод находит более широкое распространение и применяется, в частности, на автомобилях ВАЗ.

Провода марки ПВВП имеют центральную льняную нить, на которую нанесен слой ферропласта, в состав которого входят марганец–никелевые и никель–цинковые порошки.

Поверх ферропластового сердечника наматывается токопроводящая железо–никелевая проволока. Сверху провод изолирован поливинилхлоридной изоляцией. Поглощение радиопомех происходит в проводнике и диэлектрике ферропластового слоя. Провод ПВВП выпускается диаметром 7,2 и 8 мм соответственно на рабочее напряжение 25 и 40 кВ и имеет сопротивление 2 кОм/м. Установленный на автомо–

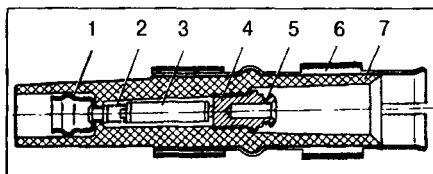


Рис. 6.17. Свечной экранированный наконечник:

1 – клемма; 2 – пружина; 3 – резистор; 4 – наконечник; 5 – скоба; 6 – экран; 7 – корпус

2,55 кОм/м и рабочим напряжением до 40 кВ. Провод зарубежного производства имеют из-за повышенных требований по помехоподавлению более высокие величины сопротивления (у проводов фирмы Motorcraft – 11 кОм/м). Установка проводов с повышенным сопротивлением может привести к перебоям в работе зажигания. Помехоподавительные резисторы, которые выпускаются в расчете на сопротивления от 5 до 13 кОм, соединяются со свечой или с распределителем. Резистор может встраиваться в свечной экранированный наконечник (рис. 6.17).

биях ВАЗ такой провод ПВВП-8 отличается красным цветом.

Провода ПВППВ и ПВППВ-40 имеют аналогичную конструкцию и отличаются только применяемыми в них материалами.

Для бесконтактных систем зажигания автомобилей ВАЗ применяется провод синего цвета ПВВП-40 с силиконовой изоляцией с сопротивлением

## 6.6. Применяемость элементов систем зажигания

В настоящее время на одной и той же марке автомобиля могут применяться различные элементы системы зажигания как отечественного, так и зарубежного производства. В табл. 6.4 приведена применяемость элементов систем зажигания наиболее распространенных отечественных автомобилей.

В табл. 6.3 приведена применяемость отечественных искровых систем зажигания, и их зарубежные аналоги.

Таблица 6.3. Применяемость и взаимозаменяемость некоторых отечественных и зарубежных свечей зажигания

| Россия          | Bosch,<br>Германия                     | Champion,<br>Англия | Motorcraft,<br>США | Magneti<br>Marelli,<br>Италия | NGK,<br>Япония | Применение,<br>двигатели           |
|-----------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------|----------------|------------------------------------|
| A11             | W8A; W9A; W8AP;<br>W9AP; W8AC;<br>W9AC | L88A;<br>L88        | AE52               | CW3N                          | V5HS           | ГАЗ-53А,<br>ЗИЛ-431410,<br>УАЗ-469 |
| A14Д<br>A17ДВ   | W8CC<br>W7DC; W7DP; WR7DC;<br>WR7DP    | N5<br>N10Y          | AG3; AG31<br>AG252 | CW5L<br>CW7LP                 | –<br>BP6ES     | ЗМЗ-4022.10<br>ВАЗ-2101-07         |
| A17ДВ-10        | W7DC; W7DP; W7DTC;<br>WR7DP; WR7DC     | N9Y                 | AG252              | CW7LP                         | BP6ES          | ВАЗ-2108-09,<br>ЗАЗ-1102           |
| A20Д1;<br>A20Д2 | W6CC                                   | N3                  | AG4                | CW7L                          | B7ES           | УЗАМ-412,<br>– 331.10              |
| A23             | W5A; W5AP;<br>W5AC                     | LW81;<br>LW82       | AE2;<br>AE3        | CW7N;<br>CW7NI                | B7HS           | МеМЗ-968,<br>–969                  |

Таблица 6.4. Применяемость элементов систем зажигания

| Автомобиль                                         | Распределитель | Катушка зажигания | Электронный коммутатор |
|----------------------------------------------------|----------------|-------------------|------------------------|
| <b>Контактные системы зажигания</b>                |                |                   |                        |
| ГАЗ-24                                             | P119Б          | Б115-В            | –                      |
| «Москвич»-21412                                    | 47.3706        | Б115-В2           | –                      |
| ВАЗ-21011, -2104, -2105                            | 30.3706.-10    | Б117-А            | –                      |
| ВАЗ-2105, -2106, -2107                             | 30.3706        | Б117-А            | –                      |
| ВАЗ-2121                                           | 30.3706-02     | Б117              | –                      |
| <b>Контактно-транзисторные системы зажигания</b>   |                |                   |                        |
| ГАЗ-53А                                            | P133           | Б114-Б            | ТК102, ТК102-А         |
| ЗИЛ-131, -43410                                    | 46.3706        | Б114-Б            | ТК102, ТК102-А         |
| Автобусы ГАЗ, КАвЗ                                 | P133-Б         | Б114-Б            | ТК102, ТК102-А         |
| <b>Бесконтактные электронные системы зажигания</b> |                |                   |                        |
| ГАЗ-2410                                           | 19.3706        | Б116              | 13.3734-01             |
| ГАЗ-3102                                           | 36.3706        | Б116              | 13.3734-01             |
| ВАЗ-2106, -2107, -2121                             | 38.3706        | 27.3705           | 36.3734-20             |
| ВАЗ-2108, -2109                                    | 40.3706        | 27.3705           | 36.3734-20             |
| ВАЗ-1111                                           | 55.3706        | 29.3705           | 36.3734-20             |
| «Москвич»-21412                                    | 54.3706        | 27.3705           | 36.3734-20             |
| ЗАЗ-1102                                           | 53.3706        | 27.3705           | 36.3734-20             |
| <b>Микропроцессорные системы зажигания</b>         |                |                   |                        |
| ВАЗ-21083-02, -21093-02,<br>«Москвич»-2141         | МС2715-03*     | 29.3705           | 42.3734                |
| ГАЗ-3302                                           | МС2713-01*     | 3009.3705         | 6420.3734              |

\* – контроллер.



## 6.7. Техническое обслуживание систем зажигания

В наибольшей мере технического обслуживания требует контактная система зажигания.

В бесконтактных системах обслуживание сведено к минимуму, а ремонт выполняется блочной заменой вышедших из строя изделий.

При ТО–1 рекомендуется проверить крепление прерывателя–распределителя и катушки зажигания, а также затяжку гаек выводных болтов и при необходимости подтянуть их, смазать валик привода кулачка и ротора распределителя.

При ТО–2 следует осмотреть и очистить сухой тряпкой от грязи, пыли и масла все элементы системы зажигания. Вывернуть свечи и проверить их состояние. При необходимости очищают свечи от нагара и регулируют зазор между электродами. Состояние свечи может дать расширенную информацию о работе системы зажигания и двигателя. При правильном выборе свечи и нормальной ее работе на нижней части изолятора наблюдается налет светло–бежевого цвета (при работе на этилированном бензине серого цвета). Удалять его с изолятора не следует.

Черная копоть на всех элементах свечи свидетельствует о длительной работе на холостом ходу, переобогащении смеси, неправильной регулировке угла замкнутого состояния контактов прерывателя или зазора между ними, отказе конденсатора, неисправности свечи.

Замасливание всех свечей у двигателя, находившегося в длительной эксплуатации, информирует об износе цилиндров, поршней, поршневых колец; замасливание одной свечи чаще всего свидетельствует о прогаре впускного клапана.

Выгорание электродов и других элементов свечи обусловлено перегревом, вызванным применением низкооктанового бензина, неправильной установкой угла опережения зажигания, переобогащением смеси.

Свечи рекомендуется заменять через 15–30 тыс. км пробега.

После снятия с двигателя при ТО–2, прерыватель–распределитель следует протереть сухой тряпкой изнутри и снаружи, проверить, нет ли трещин и следов выгорания на его элементах, а также проверить состояние контактов прерывателя и, при необходимости, отрегулировать зазор между ними и протереть контакты мягкой ветошью, смоченной в бензине или спирте.

Смазке подлежит ось рычажка, валик привода кулачка, втулка кулачка.

Через 40–60 тыс. км пробега при подготовке автомобиля к зимней эксплуатации после разборки распределителя следует проверить состояние подшипников, рычажка прерывателя, кулачка, контактов прерывателя, центробежного и вакуумного регуляторов, при необходимости отрегулировать установку угла замкнутого состояния контактов и момент искрообразования. Чаще всего двигатель не запускается, особенно в сырую погоду, именно из–за неисправности системы зажигания. При определении неисправностей системы зажигания можно ориентироваться на данные табл. 6.5. Там же даны рекомендации по устранению неисправностей.

Однако, прежде всего, следует убедиться в исправности выключателя зажигания (падение напряжения в его контактах под нагрузкой не должно превы-

шать 0,2 В), нормальной заряженности аккумуляторной батареи и исправности системы электроснабжения. В бесконтактных электронных системах зажигания, если напряжение бортовой сети превышает 18 В, коммутатор отключает систему зажигания.

Неисправность системы зажигания выявляется на специальных стендах, в том числе оснащенных осциллографом, на экране которого можно наблюдать изменение тока первичной цепи и вторичного напряжения по времени.

Проверку катушки зажигания производят замером ее сопротивления в первичной и вторичной цепях. Если оно отличается от требуемого, катушка неисправна, ее следует заменить. Замером сопротивления проверяется и дополнительный резистор. Тестером в режиме омметра можно проверить конденсатор. При подключении тестера, включенного на измерение больших сопротивлений, у исправного конденсатора стрелка в момент подключения совершает бросок, а затем возвращается в нулевое положение. Элементы электронной схемы системы зажигания могут быть также проверены тестером.

Для проверки и регулировки прерывателя–распределителя и датчика–распределителя служат специальные стенды, например, Э 213, К 295 и др.

Проверку датчиков коммутаторов и контроллеров электронной системы зажигания проще всего производить заменой их на заведомо–исправные блоки.

Датчик можно проверить и обыкновенным вольтметром (тестером, включенным на измерение напряжения). У исправного датчика Холла 581.3706 вольтметр, включенный на измерение постоянного напряжения и подсоединенный к выводу датчика, по мере вращения вала датчика–распределителя должен резко менять показания от примерно 0,4 В до величины, не более чем на 3 В отличающейся от напряжения питания. Магнитоэлектрический датчик датчика–распределителя 19.3706 при работающем стартере должен показывать напряжение не менее 2 В при измерении его вольтметром переменного тока, сопротивление обмотки датчика лежит в пределах 280–470 Ом. Проверку коммутатора 36.3734 или 55.3734 можно производить осциллографом по схеме на рис. 6.18, а, выводы осциллографа следует подключать к резистору  $R$  0,01 Ом на мощность 20 Вт или более, а на вход коммутатора подать сигналы прямоугольной формы согласно рис. 6.18, в.

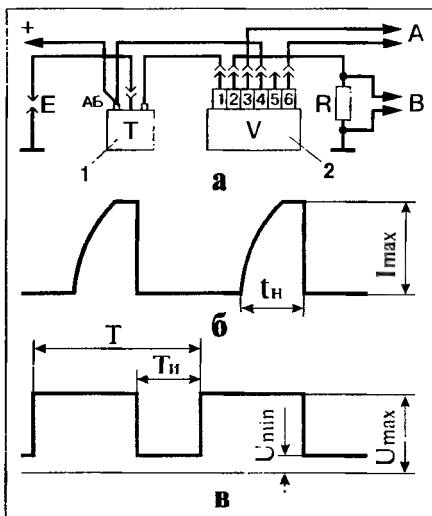


**Рис. 6.18. Проверка коммутатора системы зажигания с регулированием времени накопления:**

а – схема проверки; б – осциллограмма тока первичной цепи; в – управляющий импульс, имитирующий сигнал датчика; 1 – коммутатор; 2 – осциллограф

**Таблица 6.5. Основные неисправности систем зажигания и способы их устранения**

| Причина неисправности                                                                              | Способ устранения                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>Двигатель не запускается</b>                                                                    |                                                                          |
| Обрыв провода в первичной цепи                                                                     | Устранить обрыв                                                          |
| Подгорание или замасливание контактов прерывателя                                                  | Протереть или зачистить контакты                                         |
| Зависание контактного уголька или отказ помехоподавительного резистора ротора распределителя       | Заменить уголек или пружину, заменить ротор                              |
| Замыкание рычажка прерывателя на корпус                                                            | Заменить рычажок                                                         |
| Отказ конденсатора                                                                                 | Заменить конденсатор                                                     |
| Отказ датчика или коммутатора                                                                      | Заменить датчик или коммутатор                                           |
| Отказ катушки зажигания                                                                            | Заменить катушку                                                         |
| Пробой изоляции центрального высоковольтного провода                                               | Заменить провод                                                          |
| <b>Двигатель работает с перебоями</b>                                                              |                                                                          |
| Ослабление крепления проводов в цепях зажигания                                                    | Подтянуть крепления                                                      |
| Мал зазор между контактами прерывателя                                                             | Отрегулировать зазор                                                     |
| Загрязнение ротора и крышки распределителя, подгорание контактных гнезд в крышке или трещины в ней | Заменить неисправные детали                                              |
| Ослабление пружины рычажка прерывателя                                                             | Заменить пружину                                                         |
| Нарушение зазора или нагар у свечей                                                                | Отрегулировать зазор                                                     |
|                                                                                                    | Очистить свечи от нагара                                                 |
| Подгорание контактов прерывателя                                                                   | Зачистить контакты                                                       |
| Нарушение герметичности свечи                                                                      | Заменить свечу                                                           |
| Износ втулки валика, кулачка распределителя, оси подвижного контакта                               | Заменить изношенные детали                                               |
| Пробой изоляции высоковольтного провода                                                            | Заменить провод                                                          |
| Межвитковое замыкание в катушке зажигания                                                          | Заменить катушку                                                         |
| <b>Двигатель не развивает полной мощности</b>                                                      |                                                                          |
| Неправильно установлен момент зажигания                                                            | Отрегулировать систему зажигания                                         |
| Неисправен центробежный регулятор                                                                  | Устранить неисправность, возможно заедание грузиков или обрыв пружины    |
| Неисправность вакуумного регулятора                                                                | Заменить регулятор или трубку подвода разрежения в случае ее повреждения |

Частота импульсов может изменяться в пределах 3,33 — 233 Гц, скважность  $T/T_{\text{и}}=3$ , напряжение минимальное  $U_{\text{min}}=0,4$  В, максимальное  $U_{\text{max}}=10$  В.

У исправного коммутатора импульсы на его выходе должны соответствовать рис. 6.18, б. Величина импульса  $I_{\text{max}}$  не должна превышать 8–9 А, а время накопления  $t_{\text{н}}$  не более 8,5 мс при частоте 33,5 Гц и 4 мс при 150 Гц.

Испытание свечей зажигания на герметичность и электрические испытания проводят на специальном стенде, например, Э203П. Для очистки их от нагара служит приспособление Э203–0. Для проверки исправности свечи на двигателе может служить специальный индикатор.

В настоящее время выпускаются различные мотортестеры, упрощающие процесс регулировки и диагностики систем зажигания. Микропроцессорная система зажигания, наиболее сложная для диагностики, обычно снабжается специальной диагностической аппаратурой, в том числе с применением компьютера. Функции диагностики могут быть возложены и на сам микропроцессор системы зажигания.

## Электронные системы управления двигателем

### 7.1. Основные принципы управления двигателем

Автомобильный двигатель представляет собой систему, состоящую из отдельных подсистем: системы топливоподачи, зажигания, охлаждения, смазки и т.д. Все системы связаны друг с другом и при функционировании они образуют единое целое.

Управление двигателем нельзя рассматривать в отрыве от управления автомобилем. Скоростные и нагрузочные режимы работы двигателя зависят от скоростных режимов движения автомобиля в различных условиях эксплуатации, которые включают в себя разгоны и замедления, движение с относительно постоянной скоростью, остановки.

Водитель изменяет скоростной и нагрузочный режим двигателя, воздействуя на дроссельную заслонку. Выходные характеристики двигателя при этом зависят от состава топливо-воздушной смеси и угла опережения зажигания, управление которыми обычно осуществляется автоматически (рис. 7.1).

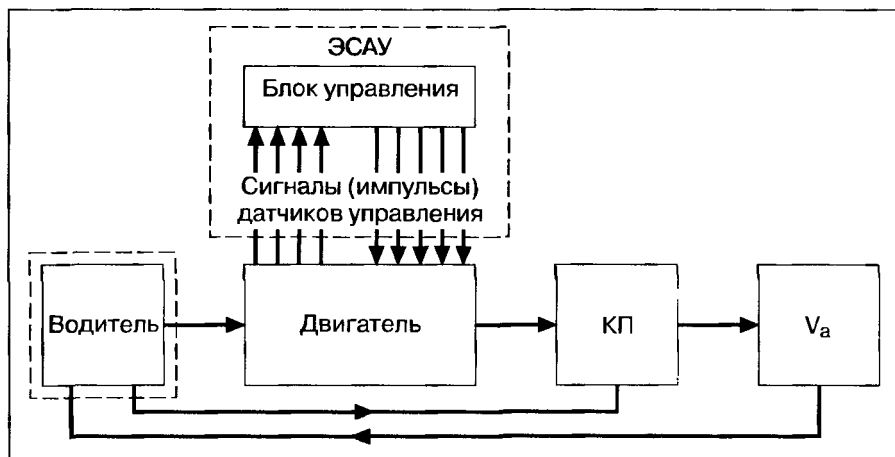


Рис. 7.1. Схема управления автомобильным двигателем:

ЭСАУ – электронная система автоматического управления; КП – коробка передач;  $V_a$  – скорость движения автомобиля

Схема двигателя как объекта автоматического управления приведена на рис. 7.2.

Входные параметры (угол открытия дроссельной заслонки  $\varphi_{др}$ , угол опережения зажигания  $\theta$ , цикловой расход топлива  $G_T$  и др.) – это те параметры, которые влияют на протекание рабочего цикла двигателя. Их значения определяются внешними воздействиями на двигатель со стороны водителя или системы автоматического управления, поэтому они называются также управляющими.

Выходные параметры, называемые управляемыми, характеризуют состояние двигателя в рабочем режиме. К ним относятся: частота вращения коленчатого вала, крутящий момент  $M_e$ , показатель топливной экономичности  $g_e$  и токсичности отработавших газов (например, содержания CO), а также многие другие.

Кроме входных управляющих параметров, на двигатель во время его работы воздействуют случайные возмущения, которые мешают управлению. К случайным возмущениям можно отнести изменение параметров состояния внешней среды (температура  $T$ , атмосферное давление  $p$ , влажность), свойств топлива и масла и т.д.

Для двигателя внутреннего сгорания характерна периодическая повторяемость рабочих циклов. Как объект управления двигатель считается нелинейным, так как реакция на сумму любых внешних воздействий не равна сумме реакций на каждое из воздействий в отдельности. Учитывая, что двигатель в условиях городской езды работает на нестационарных режимах, возникает проблема оптимального управления им. Возможность оптимального управления двигателем на нестационарных режимах появилась с развитием электронных систем управления.

Из-за сложности конструкции, наличия допусков на размеры деталей двигателя одной и той же модели имеют различные характеристики. Кроме того, по конструктивным параметрам (степень сжатия, геометрия впускного и выпускного трактов и т.д.) отличаются и отдельные цилиндры многоцилиндрового двигателя.

Автомобильный двигатель представляет собой многомерный объект управления, так как число входных параметров у него больше одного и каждый входной параметр воздействует на два и более выходных. В таком случае система управления также должна быть многомерной.

Чрезвычайно широкое распространение автомобильных двигателей предопределило и большое разнообразие их конструкций. Естественно, это приводит к многовариантности систем управления. Так, если в карбюраторных системах топливоподачи практически не используется электроника, то современные системы впрыскивания топлива создаются только на основе управления электронными системами.

С другой стороны, развитие электронных систем управления может стимулировать появление новых конструктивных решений проектируемых двигателей.

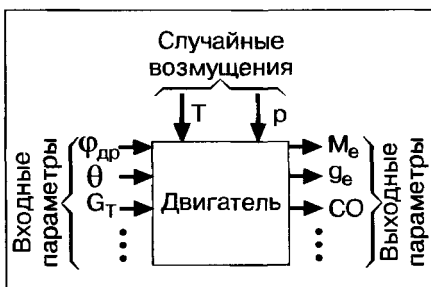


Рис. 7.2. Схема двигателя как объекта управления

## 7.2. Системы автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода

При движении в городских условиях до четверти всего времени двигатель работает в режиме принудительного холостого хода. Это происходит при торможении двигателем, переключении передач, движении автомобиля накатом и т.д. В этих режимах дроссельная заслонка карбюратора закрыта (педаль управления дроссельной заслонкой полностью отпущена), частота вращения коленчатого вала двигателя превышает частоту вращения его самостоятельного холостого хода.

На принудительном холостом ходу коленчатый вал двигателя вращается за счет кинетической энергии автомобиля. Автомобиль движется с включенной передачей и отпущенной педалью управления дроссельной заслонкой, поэтому двигатель расходует топливо, не выполняя полезной работы. В режиме принудительного холостого хода от двигателя не требуется отдача мощности, а сгорание горючей смеси приводит только к загрязнению окружающей среды. В результате быстрого закрытия дроссельной заслонки горючая смесь переобогащается и токсичность отработавших газов увеличивается.

Для снижения расхода топлива, уменьшения токсичности отработавших газов на грузовых и легковых автомобилях применяют электронные системы автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода (САУЭПХХ). САУЭПХХ предназначена для прекращения подачи топлива в режиме принудительного холостого хода.

В состав САУЭПХХ входит электронный блок управления, электромагнитный клапан и концевой выключатель карбюратора (микровыключатель, датчик-винт и т.п.).

Режим принудительного холостого хода отличают два признака:

- частота вращения коленчатого вала двигателя больше частоты в режиме холостого хода;
- дроссельная заслонка карбюратора закрыта.

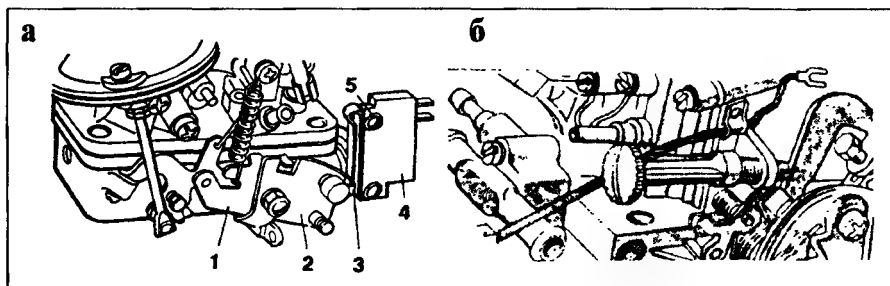


Рис. 7.3. Размещение датчиков положения дроссельной заслонки на карбюраторе:

а – микровыключатель; б – датчик-винт; 1 – ограничитель хода рычага дроссельных заслонок; 2 – рычаг привода дроссельных заслонок; 3 – рычаг микровыключателя; 4 – микровыключатель; 5 – винт крепления

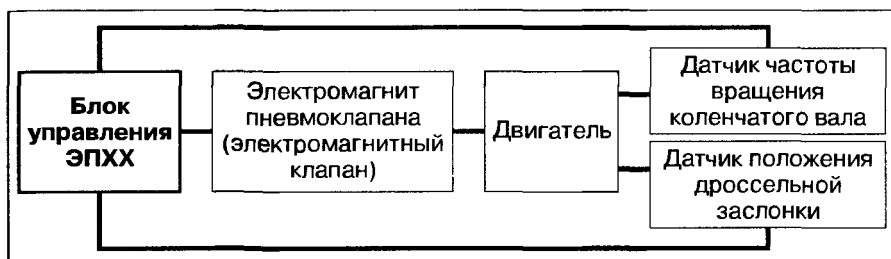


Рис. 7.4. Структурная схема САУЭПХХ

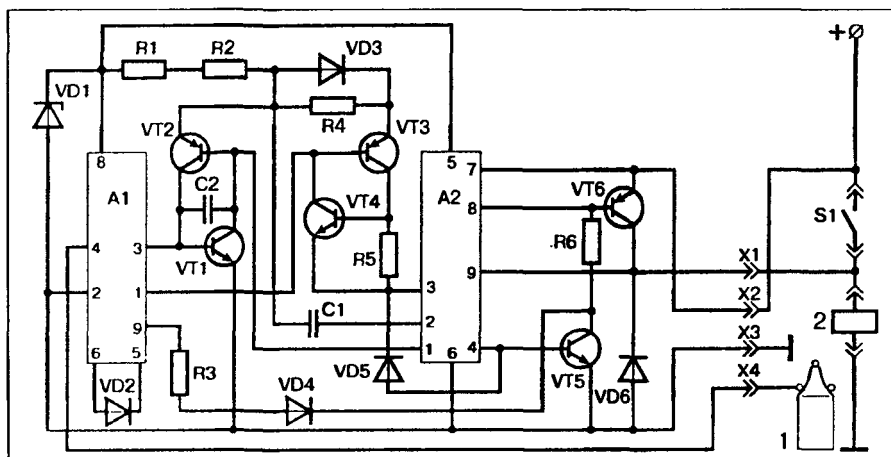


Рис. 7.5. Принципиальная схема блока управления ЭПХХ25.3761 и схема соединения САУЭПХХ:

A1 – микросхема К425ИК2; A2 – микросхема К425НК1; C1 – К73–9–100Б – 0,15 мкФ; C2 – К22–5–М470 – 470 пФ; R1 – С2–29В – 0,125 Ом; R2 – МЛТ–0,125 – 3,3 кОм; R3 – МЛТ–0,125 – 1,6 кОм; R4 – МЛТ–0,125 – 8,2 кОм; R5 – МЛТ–0,125 – 100 кОм; R6 – МЛТ–0,5 – 560 Ом; VD1 – Д814Г1; VD2–VD6–КД – 522 В; VT1, VT5 – КТ315Г; VT2, VT3 – КТ203БМ; VT4 – КТ3102Б; VT6 – КТ814Г; S1 – микровыключатель (датчик положения дроссельной заслонки); 1 – катушка зажигания; 2 – электропневмоклапан; X1, X2, X3, X4 – выводы блока управления ЭПХХ

В качестве датчиков положения дроссельной заслонки используется микро-выключатель (рис. 7.3, а) или датчик–винт (рис. 7.3, б).

САУЭПХХ работает следующим образом (рис. 7.4). Для определения режима принудительного холостого хода служат датчики частоты вращения коленчатого вала двигателя и положения дроссельной заслонки. Информация о частоте вращения коленчатого вала поступает в блок управления ЭПХХ с катушки зажигания (с первичной обмотки). Датчиком положения дроссельной заслонки является микропереключатель на карбюраторе. Если дроссельная заслонка открыта, контакты микропереключателя замкнуты. При закрытой дроссельной заслонке его контакты разомкнуты.



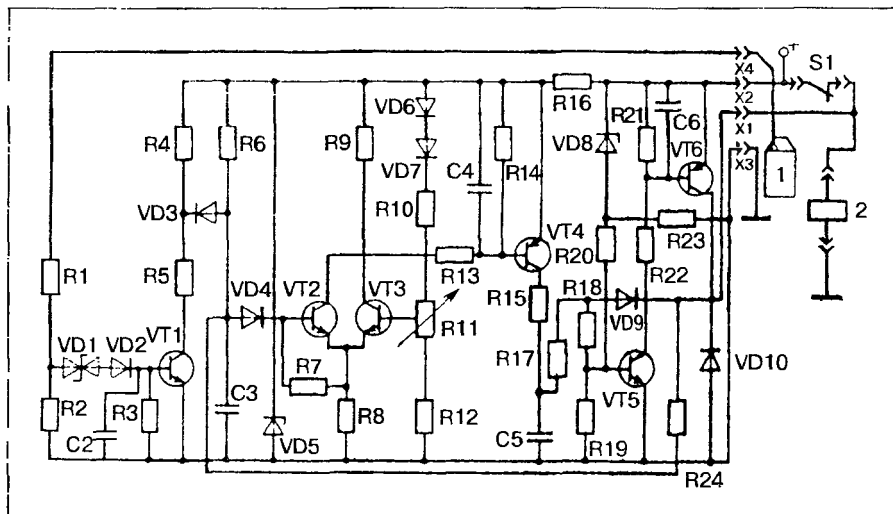


**Рис. 7.6. Принципиальная схема блока управления ЭПХХ 1402.3733, 1412.3733, 1422.3733, 1432.3733 и схема соединений САУЭПХХ:**

*R1* – МЛТ–0,5 – 10 кОм; *R2* – МЛТ–0,125 – 2 кОм; *R3*, *R4* – МЛТ–0,125 – 4,3 кОм; *R5* – МЛТ–0,125 – 510 кОм; *R7* – МЛТ–0,125 – 62 кОм; *R8*, *R9* – МЛТ–0,125 – 2 кОм; *R10* – С2–36–0,125 – 3,01 кОм; *R11* – СПЗ–16а – 1,0 кОм; *R12* – С2–36–0,125 – 4,32 кОм; *R13* – МЛТ–0,125 – 2 кОм; *R14* – МЛТ–0,125 – 4,3 кОм; *R15* – МЛТ–0,125 – 200 Ом; *R16* – МЛТ–0,5 – 200 Ом; *R17* – МЛТ–0,125 – 200 Ом; *R18* – МЛТ–0,125 – 4,3 кОм; *R19* – МЛТ–0,125 – 10 кОм; *R20* – МЛТ–0,125 – 100 кОм; *R21* – МЛТ–0,125 – 200 Ом; *R22* – МЛТ–1 – 330 Ом; *R23* – МЛТ–0,125 – 10 кОм; *C2* – КМ–56–Н90 – 0,068 мкФ; *C3* – К73–11–250В – 0,47 мкФ; *C4* – КМ–56–Н90 – 0,068 мкФ; *C5* – К53–14–10В – 15 мкФ; *C6* – КМ–56–Н90 – 0,068 мкФ; *VD1* – КС162А; *VD2*, *VD3*, *VD4* – КД103А; *VD5* – Д814Б; *VD6*, *VD7* – КД103А; *VD8* – КС533А; *VD9* – КД103А; *VD10* – КД 105Б; *VT1*–*VT3* – КТ3102Б; *VT4* – КТ3107Б; *VT5* – КТ3102Б; *VT6* – КТ814В

При возникновении режима принудительного холостого хода (ему у разных двигателей соответствуют различные частоты вращения и закрытие дроссельной заслонки) электронный блок дает управляющий сигнал на закрытие электромагнитного или пневмоэлектромагнитного клапана. При этом подача топлива через систему холостого хода прерывается. После окончания режима принудительного холостого хода, когда происходит открытие дроссельной заслонки и частота вращения вала увеличивается за счет работы главной дозирующей системы карбюратора, при достижении определенной частоты вращения коленчатого вала электронный блок дает управляющий сигнал на электромагнитный клапан. Начинается подача топлива через систему холостого хода карбюратора.

САУЭПХХ грузовых и легковых автомобилей несколько отличаются по алгоритму управления, схеме и конструктивному исполнению. Принципиальные схемы электронных блоков управления ЭПХХ легковых и грузовых автомобилей зависят от закона управления электромагнитным клапаном карбюратора, т.е.

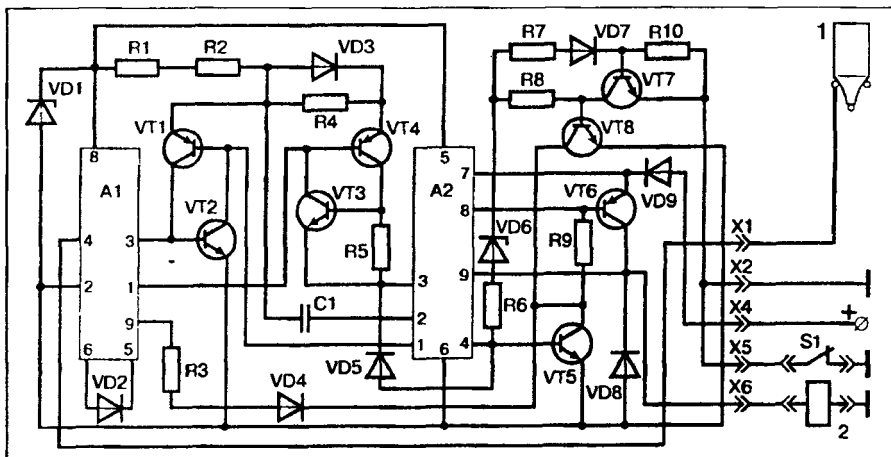


**Рис. 7.7. Принципиальная схема блока управления ЭПХХ 50.3761:**

A1 – микросхема К425HK2; A2 – микросхема К425HK1; C1 – К73–9–100В – 0,15 мкФ; R1 – С2–29В – 0,125 Ом; R2 – МЛТ–0,125 – 3,3 кОм; R3 – МЛТ–0,125 – 1,6 кОм; R4 – МЛТ–0,125 – 8,2 кОм; R5, R10 – МЛТ–0,125 – 100 кОм; R6 – МЛТ–0,5 – 560 Ом; R7, R8 – МЛТ–0,125 – 3,3 кОм; R9 – МЛТ–0,5 – 560 Ом; VD1, VD6 – Д814Г1; VD2–VD5–КД522Б; VD8 – КД522Б; VT1, VT5, VT6, VT7 – КТ315Г; VT2, VT3 – КТ203БМ; VT4 – КТ3102Б; VT8 – КТ814Г; S1 – микровыключатель; 1 – катушка зажигания; 2 – пневмоклапан; X1, X2, X4, X5, X6 – выходы блока управления ЭПХХ

соотношения частоты вращения коленчатого вала двигателя и положения дроссельной заслонки (рис. 7.5 – 7.8).

В блок управления 50.3761 (см. рис. 7.7) входной сигнал с первичной обмотки катушки зажигания подается на вывод 4 микросхемы A1. На выводе 3 микросхемы A1 формируются импульсы постоянной длительности, частота повторения которых соответствует частоте входных сигналов (от прерывателя). На транзисторах VT1 и VT2 построен ключ, который во время действия импульса на входе микросхемы A1 разряжает времязадающий конденсатор C1. В паузе между импульсами конденсатор C1 заряжается через резисторы R1 и R2. Максимальное напряжение, до которого заряжается конденсатор C1, увеличивается с уменьшением частоты сигнала.

На транзисторах VT3 и VT4 построен пороговый элемент. Когда напряжение на конденсаторе C1 превысит опорное значение, равное примерно 8 В, эти транзисторы открываются.

Таким образом, при уменьшении частоты входного сигнала ниже порога включения конденсатор C1 успевает зарядиться до напряжения, превышающего опорное значение порогового элемента. При этом транзисторы VT3 и VT4 открываются и через микросхему A2 на базу транзистора VT6 подается сигнал, который открывает транзистор VT6 и, следовательно, транзистор VT8 и на электромагнитный клапан подается напряжение.

При соединении штекера X5 с «массой» (через контакты датчика положения

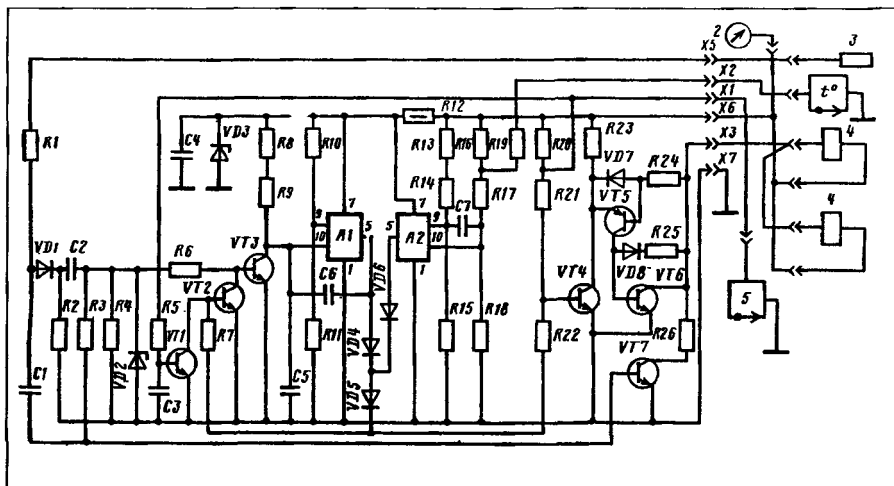


**Рис. 7.8. Принципиальная схема блока управления ЭПХХ автомобилей ЗИЛ:**

A1, A2 – микросхемы К140УД1А; R1, R19, R25 – МЛТ–0,25 – 220 Ом; R2, R5, R7, R16, R21, R22 – МЛТ–0,25 – 10 кОм; R3, R4, R6, R20, R23 – МЛТ–0,5 – 220 Ом; R13 – МЛТ–0,125 – 82 кОм; R14, R24 – МЛТ–0,25 – 2,4 кОм; R15, R17, R18 – МЛТ–0,25 – 51 кОм; R26 – МЛТ–0,25 – 30 Ом; C1, C2, C4 – КМ–56–Н90 – 0,015 мкФ; C5 – К40У–9–200В – 0,15 мкФ; C6 – КД–1–Н70 – 1000 пФ; VD1, VD4 – VD7 – КД103Д; VD2 – КС139Г; VD3 – Д814А; VD8 – КС533А; VT1, VT2, VT4 – КТ315Г; VT3 – КТ3102А; VT5 – КТ361Г; VT6 – КТ629А; VT7 – КТ503Г; 1 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 2 – указатель температуры воды; 3 – добавочный резистор; 4 – электромагнитный клапан ЭПХХ; 5 – датчик положения дроссельных заслонок; X1, X2, X3, X5, X6, X7 – выходы блока управления ЭПХХ

дроссельной заслонки) входное напряжение на электромагнитном клапане изменяется в зависимости от частоты на входе. При отключении штекера X5 от «массы» закрывается транзистор VT7, а транзистор VT5 открывается. Соответственно открывается выходной транзистор VT8. При этом «+» от аккумуляторной батареи постоянно подключен к электромагнитному клапану независимо от частоты входного сигнала.

В микропроцессорной системе управления зажигания и ЭПХХ автомобиля ЗИЛ–431410 на вход контроллера 8 (рис. 7.9) поступают сигналы от датчиков частоты вращения коленчатого вала двигателя, температуры охлаждающей жидкости и положения дроссельной заслонки, а также от датчика нагрузки контроллера, к которому из смесительной камеры карбюратора подается разрежение. Контроллер на выходе формирует сигнал управления клапанами ЭПХХ.

При частоте вращения коленчатого вала двигателя более 1100 мин<sup>-1</sup>, температуре охлаждающей жидкости более 60°C, полностью прикрытой дроссельной заслонке (педаль управления дроссельной заслонкой отпущена) или разрежении в смесительной камере карбюратора более 560 мм рт.ст. контроллер включает электромагнитные клапаны, которые перекрывают каналы подачи топлива в систему холостого хода карбюратора (режим торможения двигателем).

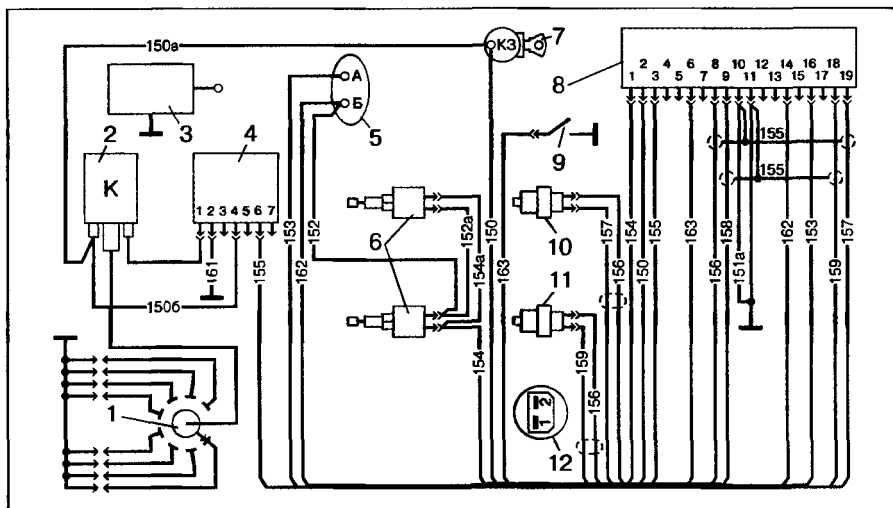


Рис. 7.9. Схема соединений микропроцессорной системы управления зажиганием и ЭПХХ:  
 1 – распределитель; 2 – катушка зажигания; 3 – резервное устройство (вибратор); 4 – коммутатор;  
 5 – указатель температуры охлаждающей жидкости; 6 – электромагнитные клапаны ЭПХХ; 7 – выключатель зажигания; 8 – контроллер; 9 – датчик положения дроссельной заслонки; 10 – датчик начала отсчета; 11 – датчик угловых импульсов; 12 – вид на разъем датчика угловых импульсов

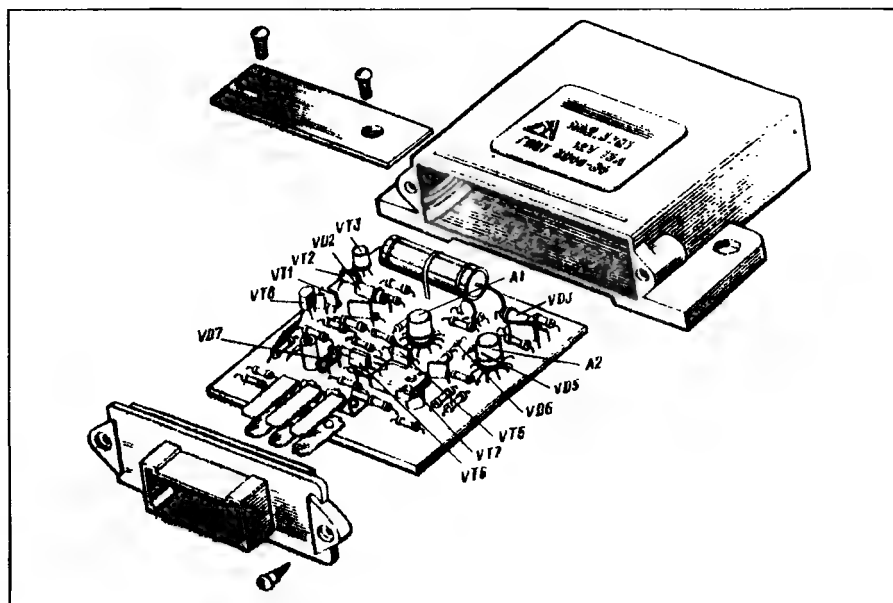


Рис. 7.10. Блок управления 1102.3761

При частоте вращения коленчатого вала менее 1000 мин<sup>-1</sup>, температуре охлаждающей жидкости менее 60 °С, незакрытой дроссельной заслонке и разрежении в смесительной камере карбюратора менее 520 мм рт.ст. контроллер отключает электромагнитные клапаны и двигатель автоматически возобновляет работу на холостом ходу.

На рис. 7.10 показано устройство блока управления 1102.3761. Монтаж блока управления выполнен на печатной плате, расположенной внутри пластмассового корпуса. Для охлаждения силового транзистора к нему примыкает пластина – теплоотвод. Штекерная колодка выполнена заодно с крышкой блока, имеющей шесть пазов для прохода штекеров.

## 7.3. Системы подачи топлива с электронным управлением

### 7.3.1. Карбюраторы с электронным управлением

Типичным примером электронного карбюратора является система «Ecotronic» (рис. 7.11) – устройство, сохраняющее стехиометрический состав рабочей сме-

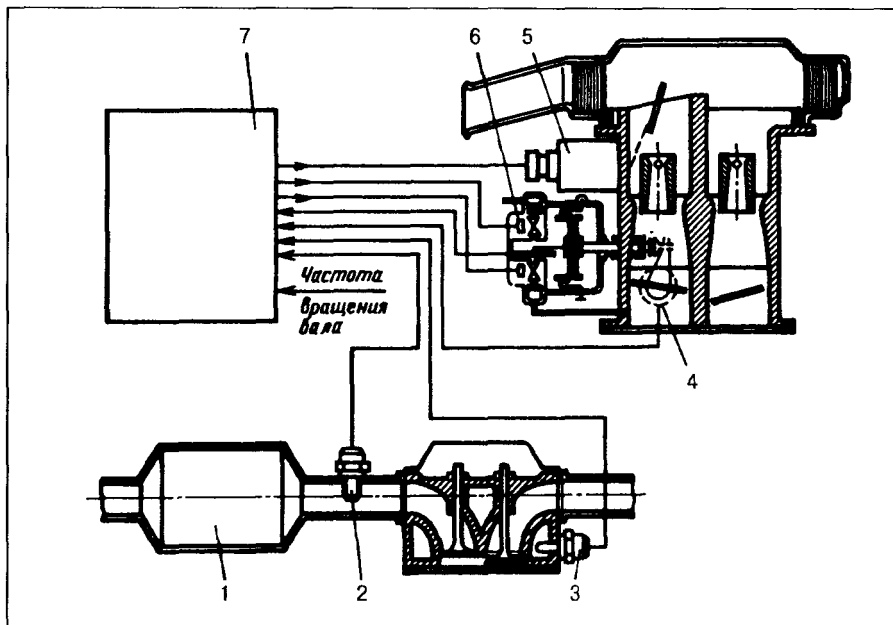


Рис. 7.11. Карбюратор с электронным управлением системы «Ecotronic»:

1 – трехкомпонентный каталитический нейтрализатор; 2 – датчик кислорода; 3, 4 – датчики соответственно температуры охлаждающей жидкости и положения дроссельной заслонки; 5 – привод воздушной заслонки; 6 – электропневматический привод дроссельной заслонки первичной камеры; 7 – блок управления

си (коэффициент избытка воздуха  $\lambda=1$ ), обеспечивающее оптимальный состав смеси на режимах пуска, прогрева двигателя, отключение подачи топлива на принудительном холостом ходу, а также поддержание заданной частоты вращения коленчатого вала в режиме холостого хода.

Система «Ecotronic» обеспечивает согласованное управление дроссельной и воздушной заслонками. Так, при пуске двигателя установочное устройство приоткрывает дроссельную заслонку на угол  $\gamma_{др}$ , при котором обеспечивается максимальное значение частоты вращения в режиме холостого хода. Воздушная заслонка закрывается до положения, обеспечивающего холодный пуск двигателя. После пуска двигателя дроссельная заслонка автоматически устанавливается в положение, которое зависит от температуры охлаждающей жидкости. По мере прогрева установочные устройства постепенно закрывают дроссельную заслонку и открывают воздушную.

В режиме принудительного холостого хода дроссельная заслонка закрывается в большей степени по сравнению с нормальным положением при данной температуре охлаждающей жидкости. Образование рабочей смеси прекращается. При появлении нагрузки на двигатель дроссельную заслонку приоткрывают до положения, при котором подача горючей смеси в цилиндры возобновляется. По такому же принципу обеспечивается прекращение подачи горючей смеси при калильном зажигании после выключения зажигания.

Для поддержания стехиометрического состава горючей смеси используется сигнал датчика кислорода ( $\lambda$ -зонда), который устанавливается в выпускном трубопроводе. Установочное устройство при этом изменяет положение воздушной заслонки. Воздушная заслонка приоткрывается, если при работе двигателя на обогащенной смеси датчик кислорода фиксирует отсутствие свободного кислорода в отработавших газах двигателя.

Электронный блок управления (ЭБУ), представляющий собой микропроцессор с постоянно запоминающим устройством, имеет устройства ввода информации, синтеза информации и вывода команд управления. Аналоговая информация от датчика положения дроссельной заслонки и датчика кислорода преобразуется в цифровую. Частота вращения коленчатого вала определяется путем преобразования временного интервала между двумя последовательными импульсами системы зажигания. В постоянно запоминающем устройстве записаны данные опорных точек для установочных устройств положения воздушной и дроссельной заслонок, частоты вращения коленчатого вала, температуры охлаждающей жидкости.

После обработки информации выходные сигналы усиливаются и подаются на исполнительные механизмы.

Система «Ecotronic» получает питание от бортовой сети автомобиля.

Применение карбюраторов с электронным управлением позволяет поддерживать оптимальный состав горючей смеси и оптимальное наполнение цилиндров на различных режимах работы двигателя, повысить топливную экономичность и уменьшить содержание токсичных веществ в отработавших газах, повысить надежность системы топливоподачи, а также облегчить техническое обслуживание в эксплуатации. Однако и эта система имеет предел в отношении адаптации к режимам работы двигателя.

### 7.3.2. Электронные системы впрыскивания топлива

*Классификация систем впрыскивания топлива.* Применение систем впрыскивания топлива взамен традиционных карбюраторов обеспечивает повышение топливной экономичности и снижение токсичности отработавших газов. Они позволяют в большей степени по сравнению с карбюраторами с электронным управлением оптимизировать процесс смесеобразования. Однако следует отметить, что системы впрыскивания топлива сложнее систем топливоподачи с использованием карбюраторов из-за большего числа подвижных прецизионных механических элементов и электронных устройств и требуют более квалифицированного обслуживания в эксплуатации.

По мере развития систем впрыскивания топлива на автомобилях устанавливались механические, электронные, аналоговые и цифровые системы. К настоящему времени структурные схемы систем впрыскивания топлива в основном стабилизировались. Классификация способов впрыскивания топлива показана на рис. 7.12.

При распределенном впрыскивании топливо подается в зону впускных клапанов каждого цилиндра группами форсунок без согласования момента впрыскивания с процессами впуска в каждый цилиндр (несогласованное впрыскивание) или каждой форсункой в определенный момент времени, согласованный с открытием соответствующих впускных клапанов цилиндров (согласованное впрыскивание). Системы распределенного впрыскивания топлива позволяют повысить приемистость автомобиля, надежность пуска, ускорить прогрев и увеличить мощность двигателя.

При распределенном впрыскивании топлива появляется возможность применения газодинамического наддува, расширяются возможности в создании различных конструкций впускного трубопровода. Однако у таких систем по сравне-

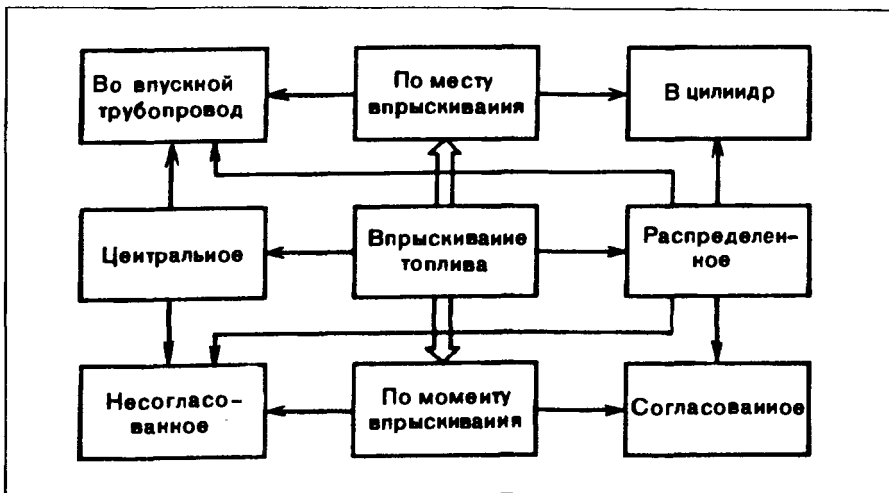


Рис. 7.12. Классификация способов впрыскивания топлива

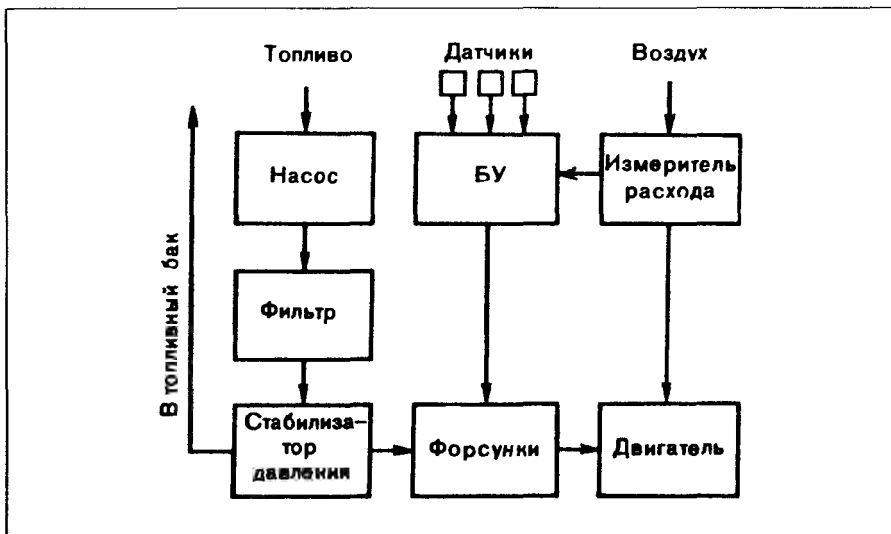


**Рис. 7.13. Структурная схема системы впрыскивания с программным управлением**

нию с центральным впрыскиванием больше погрешность дозирования топлива из-за малых цикловых подач. Идентичность составов горючей смеси по цилиндрам в большей степени зависит от неравномерности дозирования топлива форсунками, чем от конструкции впускной системы.

При центральном впрыскивании топливо подается одной форсункой, устанавливаемой на участке до разветвления впускного трубопровода. Существенных изменений в конструкции двигателя нет. Система центрального впрыскивания практически взаимозаменяема с карбюратором и может применяться на уже эксплуатируемых двигателях. При центральном впрыскивании по сравнению с карбюратором обеспечивается большая точность и стабильность дозирования топлива. Особенно эффективна в отношении повышения топливной экономичности система центрального впрыскивания топлива в сочетании с цифровой системой зажигания. Конструкция данной системы существенно проще системы распределенного впрыскивания.

**Системы впрыскивания топлива с электронным управлением.** Структурная схема системы впрыскивания топлива с программным управлением приведена на рис. 7.13. На рис. 7.14 показана система распределенного впрыскивания топлива «L-Jetronic». Электрический топливный насос 2 подает топливо из бака 1 через фильтр 3 в топливный коллектор 4, в котором с помощью стабилизатора 5 поддерживается постоянный перепад давления на входе и выходе топлива из форсунок 7. Стабилизатор перепада давления поддерживает постоянным давление впрыскивания и обеспечивает возврат избыточного топлива обратно в бак. Этим обеспечивается циркуляция топлива в системе и исключается образование паровых пробок. Из коллектора топливо поступает к рабочим форсункам, которые подают его в зону впускных клапанов. Количество впрыски-





электрический сигнал, пропорциональный углу поворота заслонки, подается в блок управления, который определяет необходимое количество топлива и выдает на электромагнитные клапаны импульсы управления моментом впрыскивания топлива. Электронная схема управления дозированием топлива получает питание от аккумуляторной батареи 20 и начинает работать при включении зажигания.

Независимо от положения впускных клапанов, форсунки впрыскивают топливо за один или два оборота коленчатого вала двигателя. Если впускной клапан в момент впрыскивания топлива форсункой закрыт, топливо накап-

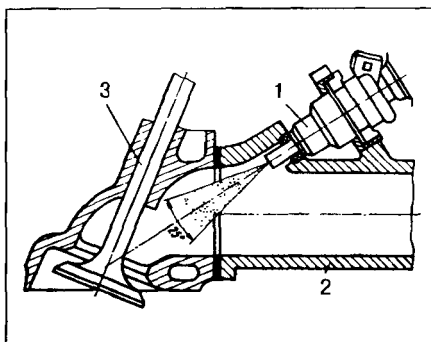


**Рис. 7.15.** Схема расположения форсунки при впрыскивании топлива в зону впускного клапана:

1 – электромагнитная форсунка; 2 – впускной трубопровод; 3 – впускной клапан

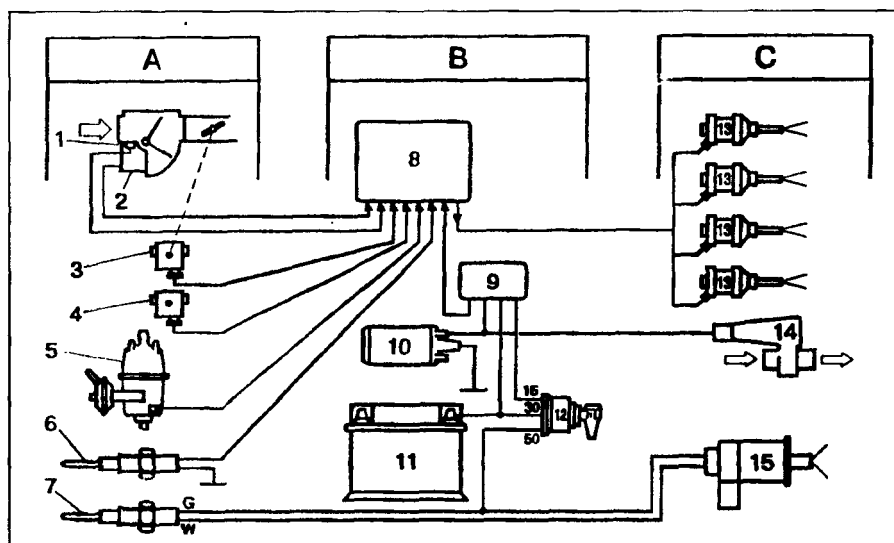


**Рис. 7.16.** Функциональная схема управления системой впрыскивания топлива «L-Jetronic»:

А – устройства входных параметров: 1 – датчик температуры всасываемого воздуха; 2 – расходомер воздуха; 3 – выключатель положения дроссельной заслонки; 4 – высотный корректор; 5 – датчик-распределитель зажигания; 6 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 7 – термореле; В – устройства управления и обеспечения: 8 – электронный блок управления; 9 – блок реле; 10 – топливный насос; 11 – аккумуляторная батарея; 12 – выключатель зажигания; С – устройства выходных параметров: 13 – рабочие форсунки; 14 – клапан добавочного воздуха; 15 – пусковая форсунка

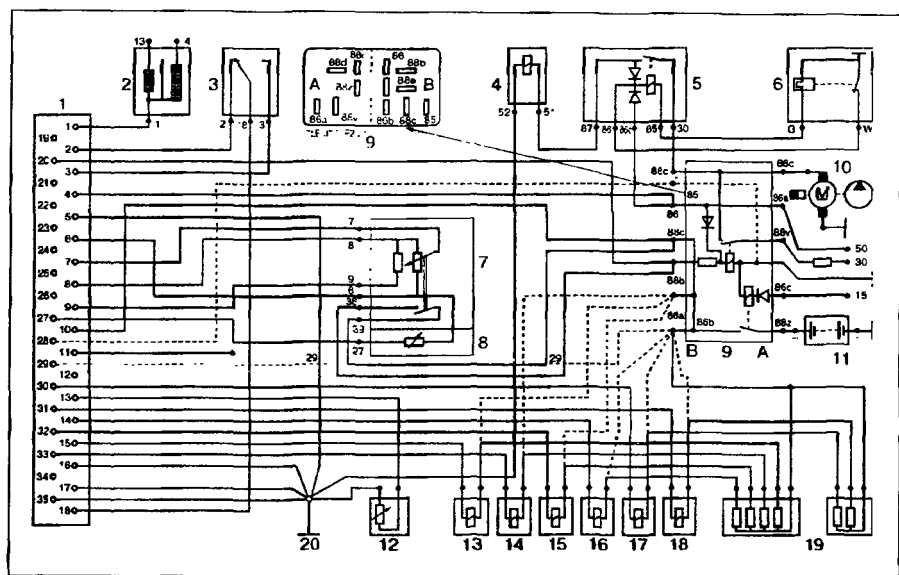


**Рис. 7.17. Электрическая схема соединений системы впрыскивания топлива «L-Jetronic»:**

1 – разъем электронного блока управления; 2 – катушка зажигания; 3 – выключатель положения дроссельной заслонки; 4 – пусковая форсунка; 5 – реле пуска холодного двигателя (послестартовое реле); 6 – термореле; 7 – измеритель расхода воздуха; 8 – датчик температуры поступающего воздуха; 9 – блок реле (питание системы впрыскивания и включение топливного насоса); 10 – топливный насос; 11 – аккумуляторная батарея; 12 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 13–18 – рабочие форсунки; 19 – дополнительные резисторы; вариант без дополнительных резисторов показан штриховыми линиями («L-E-Jetronic»); 20 – главная точка соединения с «массой» (шпилька крепления впускного коллектора)

ливается в пространстве перед клапаном и поступает в цилиндр при следующем его открытии одновременно с воздухом. Схема расположения форсунки при впрыскивании топлива в зону впускного клапана показана на рис. 7.15.

Количество поступающего к цилиндрам двигателя воздуха регулируется дроссельной заслонкой 11 (см. рис. 7.14), управляемой водителем. В системе предусмотрен регулятор 18 расхода воздуха на холостом ходу, расположенный около дроссельной заслонки. Он обеспечивает дополнительную подачу воздуха при холодном пуске и прогреве двигателя. По мере прогрева двигателя, начиная с температуры охлаждающей жидкости 50–70°C, регулятор прекращает подачу дополнительного воздуха. После этого при закрытой дроссельной заслонке воздух поступает только через верхний байпасный (обводной) канал, сечение которого можно изменять регулирующим винтом 9, что обеспечивает возможность регулирования частоты вращения в режиме холостого хода.

Стабилизатор 5 перепада давления поддерживает постоянное избыточное давление топлива относительно давления воздуха во впускном трубопроводе. В

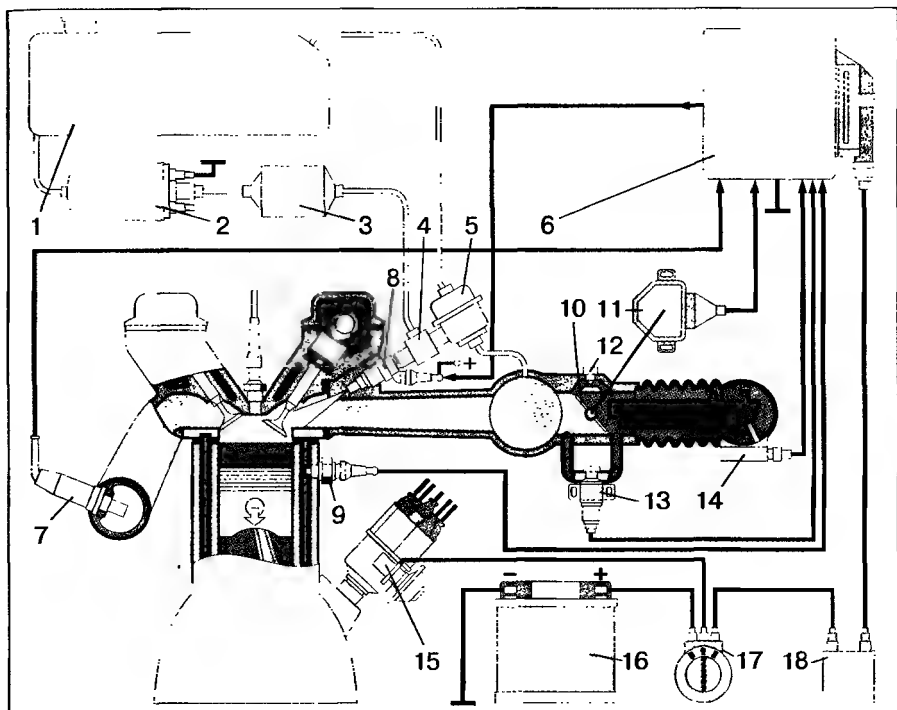


**Рис. 7.18. Система впрыскивания топлива «LH-Jetronic»:**

1 – топливный бак; 2 – топливный насос; 3 – топливный фильтр; 4 – топливный коллектор; 5 – стабилизатор перепада давления; 6 – блок управления; 7 – датчик кислорода; 8 – форсунка с электромагнитным управлением; 9 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 10 – дроссельная заслонка; 11 – датчик положения дроссельной заслонки; 12 – винт ручного регулирования частоты вращения вала на холостом ходу; 13 – регулятор частоты вращения коленчатого вала двигателя, размещенный в корпусе прерывателя-распределителя системы зажигания; 14 – термоанемометр; 15 – датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя, размещенный в корпусе прерывателя распределителя системы зажигания; 16 – аккумуляторная батарея; 17 – выключатель зажигания; 18 – реле

этом случае цикловая подача топлива форсункой 7 зависит только от времени, в течение которого открыт ее клапан. Следовательно, основной принцип электронного управления впрыскиванием топлива заключается в широтной модуляции электрического импульса, управляющего форсункой при условии поддержания постоянного перепада давления топлива.

Длительность импульсов управления временем впрыскивания топлива форсункой корректируется в зависимости от температуры охлаждающей жидкости по информации от датчика 15.

На режимах полного открытия дроссельной заслонки и разгона автомобиля необходимо обогащение горючей смеси, что обеспечивается электронным бло-

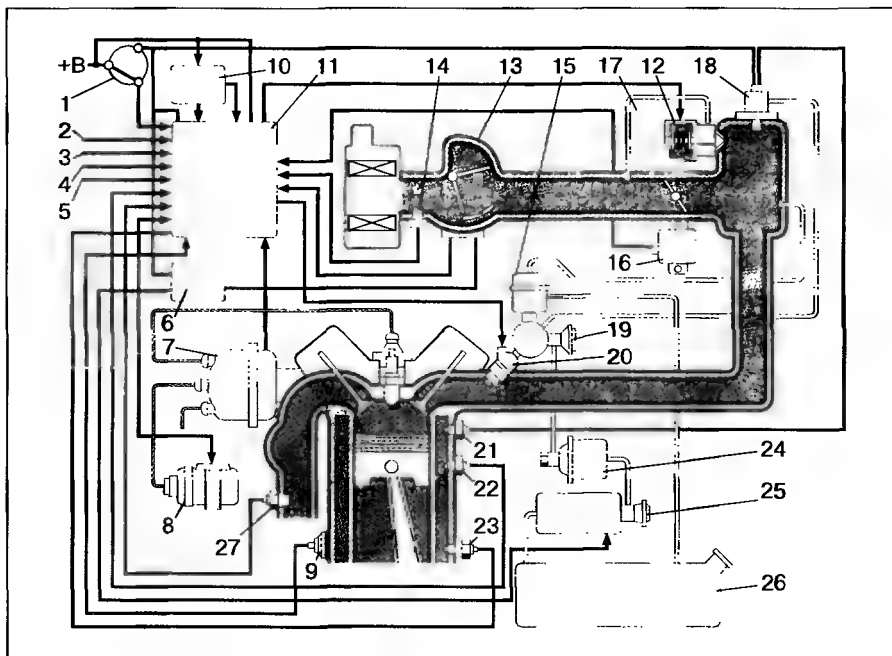


**Рис. 7.19. Схема электронной системы управления двигателем («Toyota»):**

1 – ключ зажигания; 2 – разъем для подключения внешних средств диагностики; 3 – сигнал включения нейтральной передачи; 4 – сигнал включения кондиционера; 5 – сигнал скорости автомобиля; 6 – реле включения; 7 – распределитель зажигания; 8 – катушка зажигания; 9 – датчик аварийного падения давления масла; 10 – реле; 11 – электронный блок управления; 12 – шаговый двигатель системы управления частотой вращения коленчатого вала на холостом ходу; 13 – датчик расхода воздуха; 14 – датчик температуры поступающего в двигатель воздуха; 15 – регулятор давления; 16 – датчик угла открытия дроссельной заслонки; 17 – клапан холостого хода; 18 – форсунка холодного пуска; 19 – редукционный клапан; 20 – форсунка; 21 – таймер прогрева; 22 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 23 – датчик детонации; 24 – топливный фильтр; 25 – топливный насос; 26 – бак для топлива; 27 – датчик кислорода

ком управления по информации от датчика 10 положения дроссельной заслонки. При открытии заслонки контактная система датчика 10 дает импульсы, которые приводят к обогащению смеси в режиме разгона автомобиля.

В датчике 10 положения дроссельной заслонки предусмотрена контактная пара, от замкнутого или разомкнутого состояния которой зависит отключение или включение топливоподдачи в режиме принудительного холостого хода. Подача топлива прекращается при закрытой дроссельной заслонке, когда частота вращения коленчатого вала двигателя выше  $1000 \text{ мин}^{-1}$ , и возобновляется при снижении частоты вращения до  $900 \text{ мин}^{-1}$ . При этом порог отключения подачи топлива корректируется в зависимости от температурного состояния двигателя.

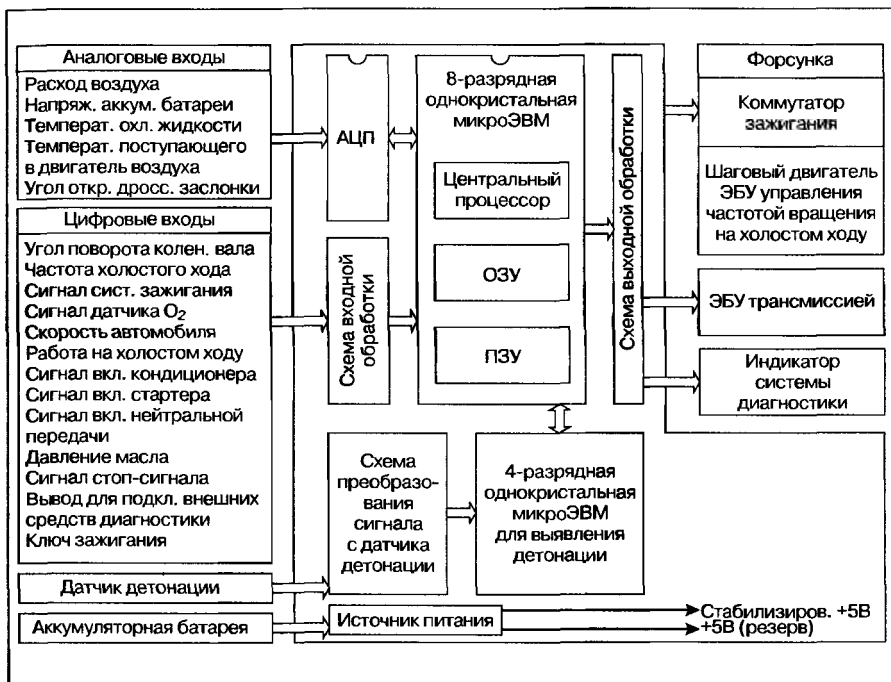


**Рис. 7.20. Блок-схема электронного блока управления**

Для облегчения пуска холодного двигателя в системе предусмотрена дополнительная пусковая форсунка 8, продолжительность открытия которой зависит от температуры охлаждающей жидкости (датчик 16). Пусковая форсунка представляет собой электромагнитный клапан с вихревым центробежным распылителем.

Введенный в систему датчик кислорода обеспечивает поддержание стехиометрического состава смеси.

Функциональная связь всех элементов системы распределенного впрыскивания топлива «L-Jetronic» показана на рис. 7.16.

Применение системы впрыскивания топлива «L-Jetronic» значительно усложняет схему электрооборудования автомобиля. Электрическая схема соединений системы впрыскивания топлива «L-Jetronic» приведена на рис. 7.17. Следует отметить, что электрические схемы системы «L-Jetronic» отличаются в зависимости от автомобиля, двигателя, установленного на нем, и года выпуска автомобиля.

На рис. 7.18 приведена схема системы впрыскивания топлива «LH-Jetronic», в которой измерение расхода воздуха осуществляется термоанемометром. Применение термоанемометра позволяет поддерживать постоянный состав смеси при изменении плотности воздуха.

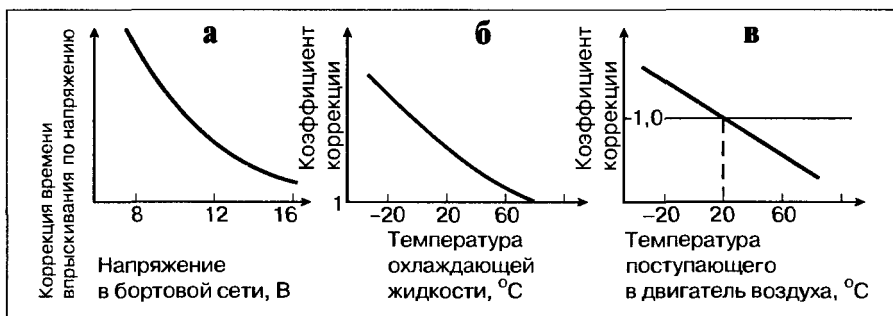


**Рис. 7.21. Коррекция впрыскивания:**

а – по напряжению питания; б – во время прогрева двигателя; в – по температуре воздуха на впуске

Схема системы впрыскивания топлива двигателя автомобиля «Toyota» приведена на рис. 7.19. Ее центральной частью является электронный блок управления 11, блок-схема которого приведена на рис. 7.20. На основании сигналов датчиков блок управления рассчитывает количество впрыскиваемого топлива для получения оптимального соотношения топлива и воздуха в горючей смеси. Количество впрыскиваемого топлива определяется временем открытия электромагнитного клапана форсунки.

Основное время впрыскивания топлива – это время для получения смеси с теоретически необходимым коэффициентом избытка воздуха. Количество воздуха, поступающего в цилиндр за цикл, рассчитывается блоком управления по данным датчика расхода воздуха и частоты вращения коленчатого вала двигателя.

В системе предусмотрена коррекция времени срабатывания электромагнитной форсунки по напряжению питания (рис. 7.21, а), по температуре охлаждающей жидкости во время прогрева двигателя (рис. 7.21, б), по температуре воздуха на впуске (рис. 7.21, в).

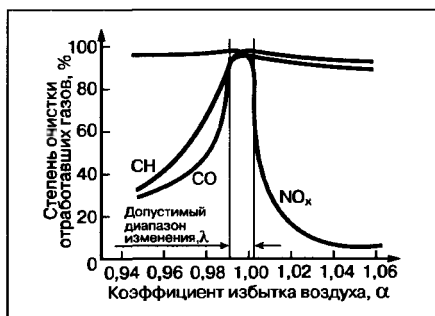


**Рис. 7.22. Зависимость содержания вредных веществ в отработавших газах от состава рабочей смеси**

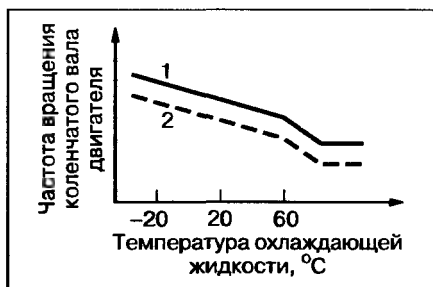


**Рис. 7.23. Характеристики работы на принудительном холостом ходу:**

1 – прекращение подачи топлива, 2 – начало подачи топлива

При работе двигателя необходимо достигнуть высокой степени очистки отработавших газов по компонентам  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}$  и  $\text{NO}_x$  с помощью трехкомпонентного нейтрализатора. Согласно приведенному на рис. 7.22 графику в этом случае состав горючей смеси по коэффициенту избытка воздуха  $\lambda$  должен быть близок к стехиометрическому. Стабилизация стехиометрического состава горючей смеси обеспечивается с помощью датчика кислорода, устанавливаемого в выпускном трубопроводе.

Система выполняет также функции экономайзера принудительного холостого хода (ЭПХХ). Изменение частоты вращения, при которой прекращается и возобновляется подача топлива, в зависимости от температуры охлаждающей жидкости, показано на рис. 7.23.

Количество топлива, впрыскиваемого при пуске двигателя, определяется температурой охлаждающей жидкости (рис. 7.24).

На рис. 7.25 приведена система центрального впрыскивания топлива, включа-

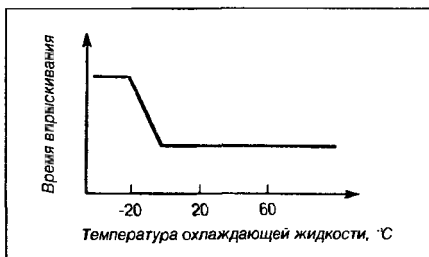


**Рис. 7.24.** Время впрыскивания топлива при пуске двигателя

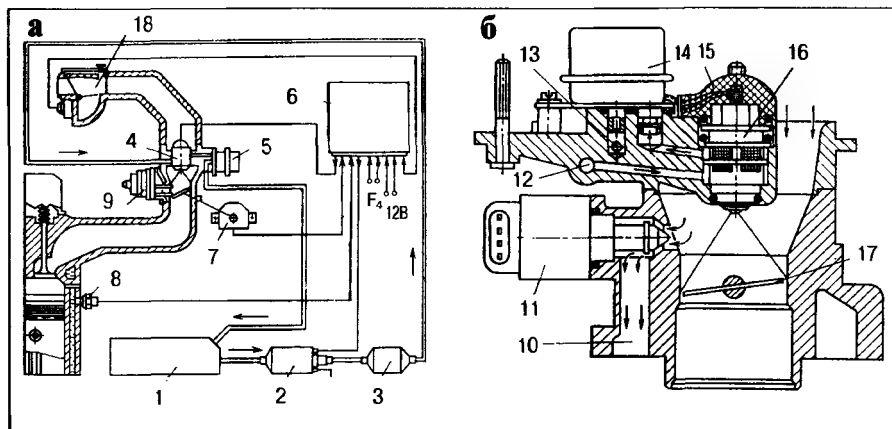


**Рис.7.25.** Система центрального впрыскивания топлива:

а – общая схема системы; б – вариант дроссельного патрубков со стабилизатором давления и перепуском воздуха для автоматического регулирования частоты вращения коленчатого вала на режиме холостого хода; 1 – топливный бак; 2 – топливный насос; 3 – фильтр; 4 – форсунка; 5 – стабилизатор давления; 6 – электронный блок управления; 7, 8 – датчики, соответственно, положения дроссельной заслонки и температуры охлаждающей жидкости; 9 – корпус смесительной камеры; 10 – канал холостого хода; 11 – регулятор холостого хода; 12 – подводящий топливный канал; 13 – канал отвода топлива от стабилизатора давления; 14 – стабилизатор давления топлива; 15 – штекер электропитания форсунки; 16 – форсунка; 17 – дроссельная заслонка; 18 – датчик расхода воздуха



ющая в себя электронный блок управления на базе микропроцессора, смесительную камеру с дроссельной заслонкой, форсунки, стабилизатор давления, топливный насос с электроприводом, топливный фильтр, датчик температуры охлаждающей жидкости, регулятор частоты вращения в режиме холостого хода. Действие регулятора основано на изменении положения дроссельной заслонки или перепуске воздуха в обход дроссельной заслонки. После обработки информации от датчика частоты вращения микропроцессор формирует управляющий сигнал, подаваемый на исполнительное устройство, в качестве которого может быть использован шаговый электродвигатель. Шаговый электродвигатель воздействует или на дроссельную заслонку, или на клапан обводного канала. Как правило, все системы центрального впрыскивания топлива имеют датчик кислорода, позволяющий адаптивно поддерживать стехиометрический состав горючей смеси.

## 7.4. Комплексные системы управления двигателем

На автомобилях, кроме микропроцессорных систем управления зажиганием и ЭПХХ, применяются и комплексные системы управления зажиганием и впрыскиванием топлива. Принципиально эти системы работают следующим образом. С датчи-

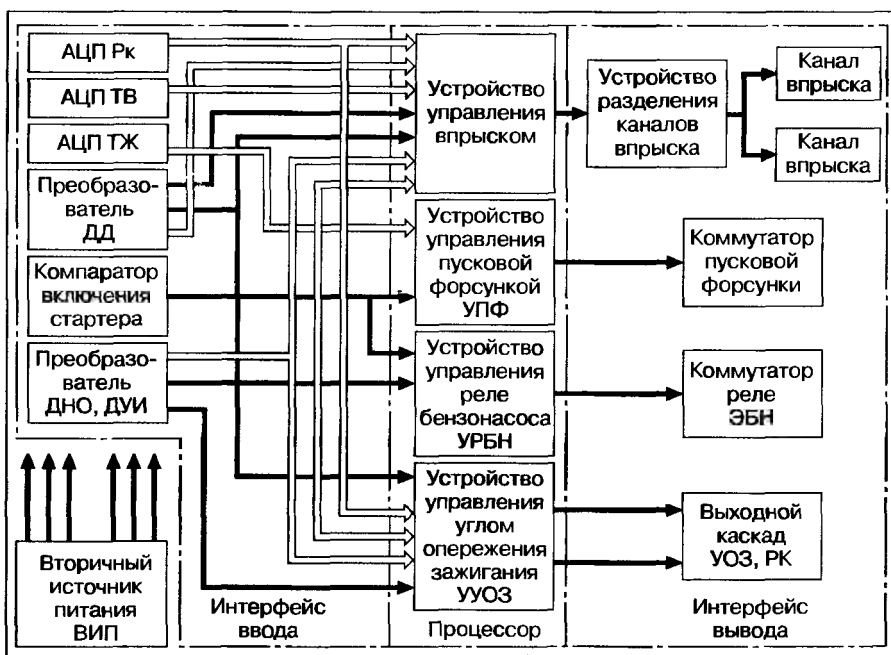


Рис. 7.26. Структурная схема блока управления 90.3761 комплексной системы управления двигателем

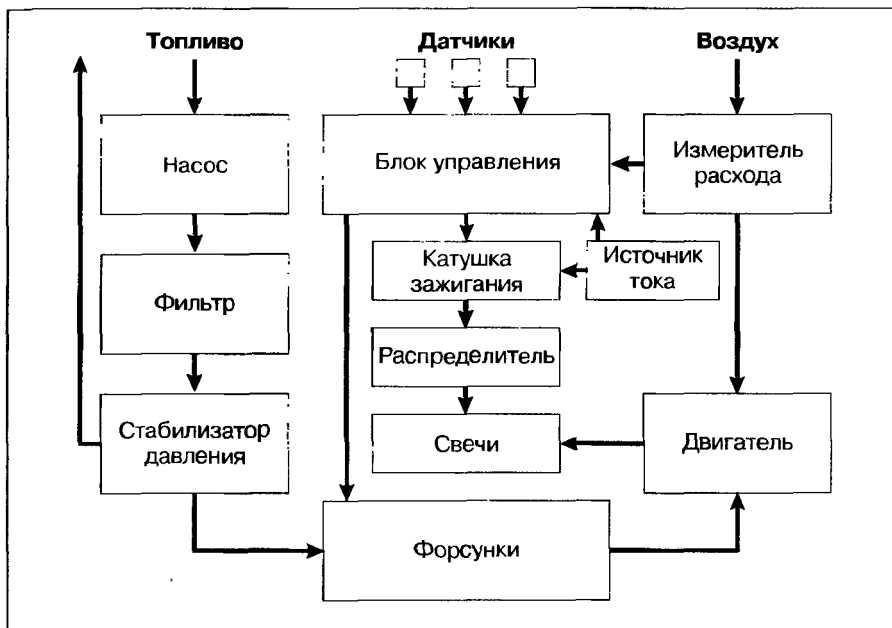


Рис. 7.27. Структурная схема комплексной системы управления двигателем «Motronic»

ков, встроенных в двигатель, снимается информация о режиме работы двигателя: частота вращения коленчатого вала, положение коленчатого вала по углу поворота, абсолютное давление во впускном трубопроводе, положение дроссельной заслонки, температура охлаждающей жидкости, температура воздуха. Эти сигналы интерфейсом блока управления преобразуются из аналоговой формы в цифровую. Затем эти сигналы в цифровой форме поступают в процессор, где они после соответствующей обработки сравниваются со значениями, заложенными в памяти блока управления. Процессор выдает регулирующий сигнал на исполнительные устройства. Для системы зажигания – это транзисторный коммутатор, для системы впрыскивания топлива – форсунки (основные и пусковые) и электробензонасос.

Блок управления 90.3761 (рис 7.26) двигателя ЗМЗ–4024.10 содержит: аналого-цифровые преобразователи давления во впускном трубопроводе (АЦПРк); температуры воздуха (АЦПТВ); температуры охлаждающей жидкости (АЦПТЖ); преобразователь аналогового сигнала датчика положения дроссельной заслонки и изменения скорости открытия и закрытия дроссельной заслонки (ДД); компаратор включения стартера; преобразователь сигналов датчиков начала отсчета (ДНО) и угловых импульсов (ДУИ); вторичный источник питания (ВИП); устройство управления впрыском; устройство управления пусковой форсункой; устройство управления реле бензонасоса (УРБН); устройство управления углом опережения зажигания (УУОЗ); интерфейс вывода; устройство разделения каналов впрыскивания; коммутатор пусковой форсунки; коммутатор реле электробензонасоса (ЭБН); вы-

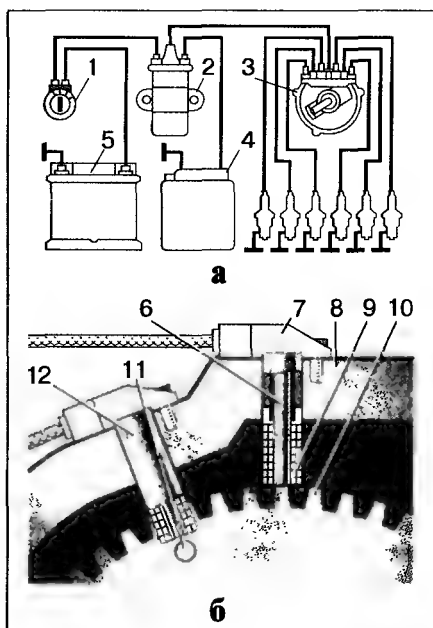


**Рис. 7.28. Система зажигания а комплексной системе управления двигателем «Motronic»:**

а – схема системы зажигания; б – датчик частоты вращения и положения коленчатого вала; 1 – выключатель зажигания; 2 – катушка зажигания; 3 – распределитель; 4 – блок управления комплексной системы; 5 – аккумуляторная батарея; 6 – постоянный магнит; 7 – датчик частоты вращения вала; 8 – картер маховика; 9 – обмотка датчика; 10 – венец маховика; 11 – штырь указателя положения вала; 12 – датчик положения коленчатого вала

ходной каскад угла опережения зажигания (УОЗ) и разделения каналов зажигания (РК).

Блок управления 90.3761 обеспечивает: включение экономайзера при углах открытия дроссельной заслонки более  $70 \pm 5^\circ$  за счет увеличения длительности впрыскивания топлива на 23 %; управление пусковой форсункой при включении стартера и температуре охлаждающей жидкости менее  $20^\circ\text{C}$ ; управление реле электробензонасоса (включение реле на 2 с) при включенном зажигании и неработающем двигателе; постоянное включение реле при частоте вращения коленчатого вала двигателя более 300 мин<sup>-1</sup>; отключение реле при частоте вращения вала менее 300 мин<sup>-1</sup>.

Одновременное управление впрыскиванием топлива и опережением зажигания обеспечивает система «Motronic», в которую могут быть включены различные системы впрыскивания, например, «KE-Jetronic», «L-Jetronic» и др. Структурная схема системы «Motronic» приведена на рис. 7.27.

Состав горючей смеси и угла опережения зажигания с учетом условий работы двигателя оптимизирует микропроцессорный блок управления. Система «Motronic» также выполняет функции ЭПХХ.

Для управления углом опережения зажигания в блок управления 4 (рис. 7.28) подаются импульсы от датчиков 7 и 12 частоты вращения и положения коленчатого вала двигателя. Обработка информации от датчиков осуществляется в течение одного оборота коленчатого вала. Блок управления выбирает промежуточное значение из двух ближайших точек каждой программы и подает сигналы, управляющие подачей топлива и углом опережения зажигания. В запоминающем устройстве блока управления заложены оптимальные характеристики как для установившихся, так и для неустановившихся режимов работы двигателя.

Взаимосвязанное управление впрыскиванием топлива и зажиганием средствами электроники позволяет в большей степени приблизить программу управления углом опережения зажигания к оптимальной (рис. 7.29).

Количество впрыскиваемого топлива устанавливается блоком управления с

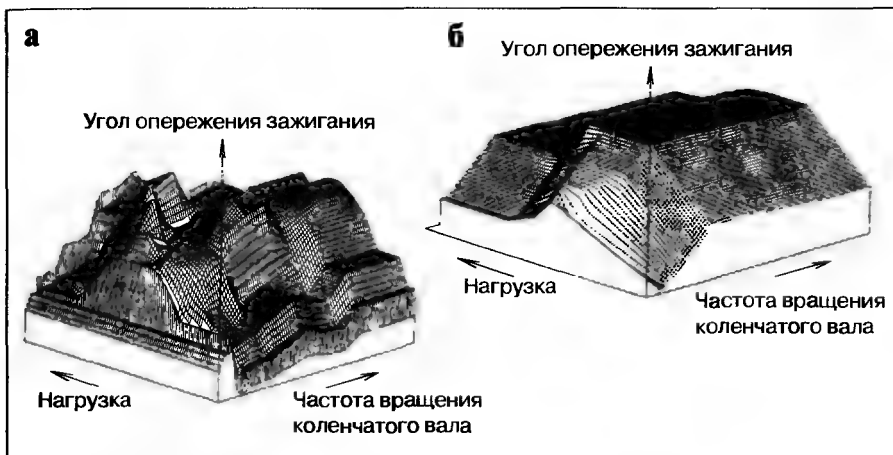


**Рис. 7.29. Диаграммы углов опережения зажигания для различных систем управления:**  
 а – микропроцессорной системы зажигания; б – системы с центробежно-вакуумным автоматом

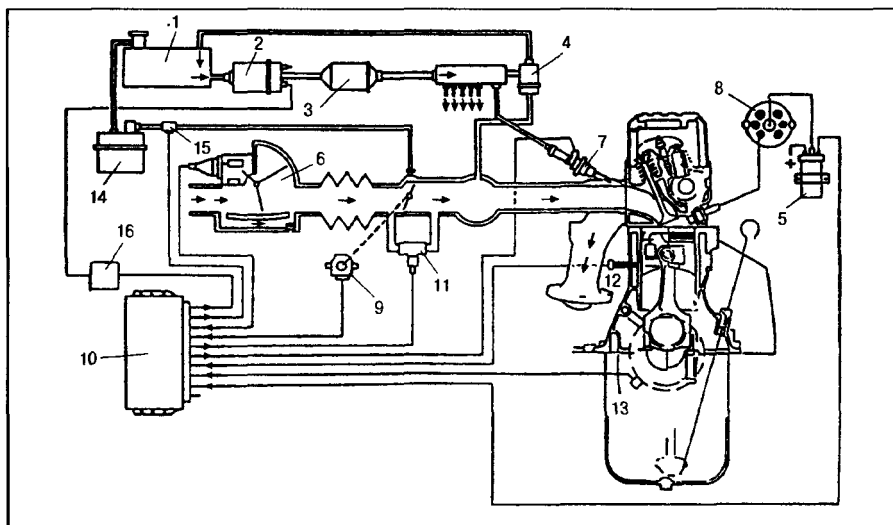


**Рис. 7.30. Комплексная система управления двигателем «Motronic 1.1–1.3»:**  
 1 – топливный бак; 2 – топливный насос; 3 – топливный фильтр; 4 – регулятор давления топлива; 5 – катушка зажигания; 6 – измеритель расхода воздуха; 7 – форсунка; 8 – распределитель зажигания; 9 – выключатель (потенциометр) дроссельной заслонки; 10 – контроллер; 11 – поворотный регулятор холостого хода; 12 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 13 – датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя; 14 – адсорбер с активированным углем; 15 – клапан вентиляции; 16 – реле включения топливного насоса

учетом информации от датчиков, измеряющих объем и температуру воздуха на впуске, частоту вращения коленчатого вала, нагрузку двигателя и температуру охлаждающей жидкости. Основным из этих параметров, от которых зависит дозирование впрыскиваемого топлива, является расход воздуха.

Схема системы управления двигателем «Motronic 1.1–1.3» приведена на рис. 7.30.

## 7.5. Датчики электронных систем управления двигателем

### 7.5.1. Измерители расхода воздуха

В измерителе расхода воздуха, представленном на рис. 7.31, воздушный поток воздействует на заслонку 2, закрепленную на оси в специальном канале. Поворот заслонки потенциометром преобразуется в напряжение, пропорциональное расходу воздуха. Воздействие воздушного потока на заслонку 2 уравнивается пружиной. Демпфер 3 с пластиной 4, выполненной как одно целое с измерительной заслонкой 2, служит для гашения колебаний, вызванных пульсациями воздушного потока и динамическими воздействиями, характерными для движущегося

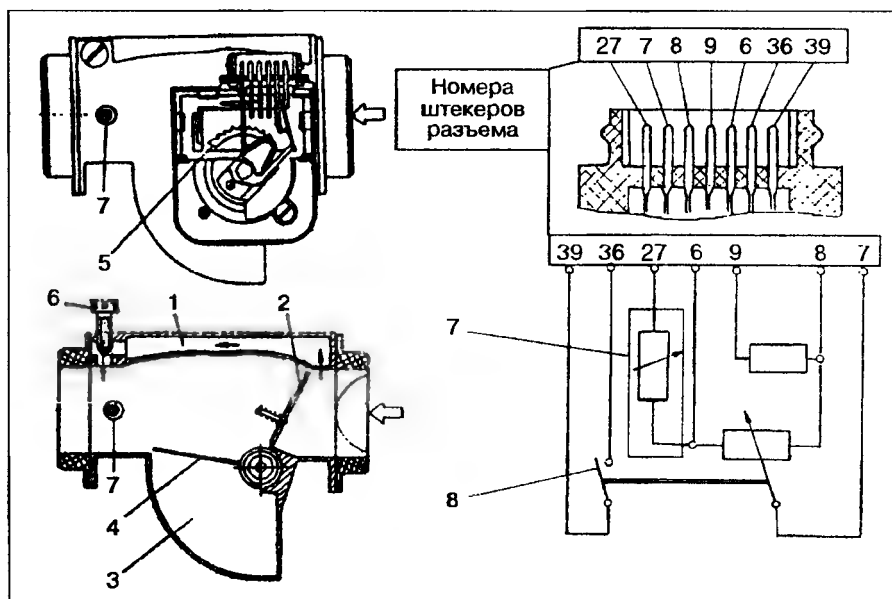


Рис. 7.31. Измеритель расхода воздуха с датчиком температуры:

1 – байпасный канал; 2 – измерительная заслонка; 3 – демпферная камера; 4 – пластина демпфера; 5 – потенциометр; 6 – винт качества (состава) смеси в режиме холостого хода; 7 – датчик температуры; 8 – контакт топливного насоса

ся автомобиля. На входе в измеритель расхода воздуха встроен датчик 7 температуры поступающего в двигатель воздуха. Недостатком измерителя расхода является наличие подвижных деталей и скользящего контакта.

Подвижных деталей не имеют измерители расхода воздуха ионизационного, ультразвукового, вихревого и термоанемометрического типов.

Термоанемометрический измеритель расхода воздуха для системы впрыскивания топлива «LH-Jetronic» представляет собой автономный блок, устанавливаемый во впускной тракт двигателя. Наиболее ответственной частью термоанометра является внутренний измерительный канал 6 (рис. 7.32), состоящий из пластмассовых обоей, которые окружают несущие кольца нагреваемой платиновой нити 2 диаметром 100 мкм и термокомпенсационного пленочного резистора 3. Корпус 5 имеет камеру для размещения электронного блока, который поддерживает постоянным перегрев нити относительно потока на уровне 150°C путем регулирования силы тока измерительного моста. Выходным параметром измерителя расхода воздуха служит падение напряжения на прецизионном резисторе 1. На входе и выходе основного канала измерителя расхода воздуха установлены защитные сетки, которые одновременно выполняют функции стабилизирующих элементов.

На рис. 7.33 показан автомобильный термоанемометрический измеритель расхода воздуха с пленочным чувствительным элементом на твердых керамических подложках. Основой конструкции является чувствительный элемент, включающий измерительный и термокомпенсационный резисторы. Пластмассовая рамка с чувствительным элементом размещается в измери-

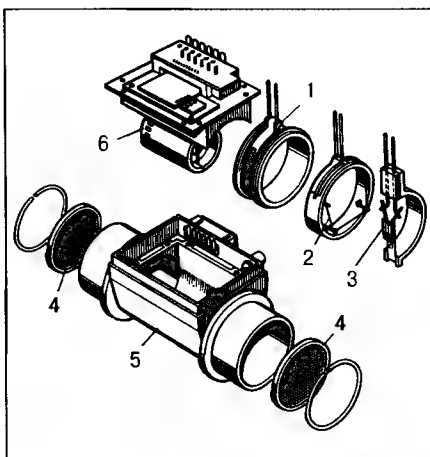


**Рис. 7.32. Термоанемометрический измеритель расхода воздуха системы «LH-Jetronic»:**

1 – прецизионный резистор; 2 – измерительный элемент; 3 – термокомпенсационный элемент; 4 – стабилизирующие решетки; 5 – пластмассовый корпус; 6 – внутренний измерительный канал, в котором располагаются элементы поз. 1, 2, 3 (на схеме показаны в увеличенном виде)

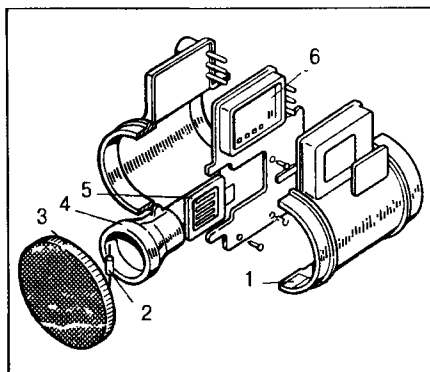


**Рис. 7.33. Термоанемометрический расходомер с пленочным чувствительным элементом:**

1 – корпус; 2 – датчик температуры воздуха; 3 – стабилизирующая решетка; 4 – внутренний измерительный канал; 5 – чувствительный элемент; 6 – электронная схема

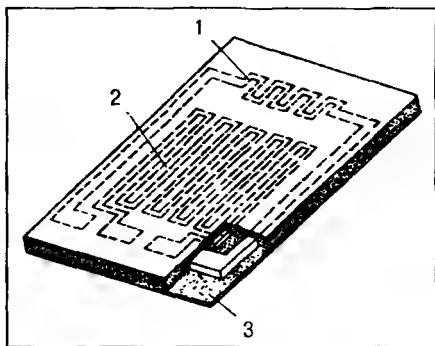


**Рис. 7.34. Металлополимерный чувствительный элемент:**

1 – измерительный терморезистор; 2 – термокомпенсационный резистор; 3 – полиамидный изоляционный материал

тельном патрубке измерителя расхода воздуха. Температура перегрева измерительного терморезистора  $-70^{\circ}\text{C}$ . Она поддерживается с помощью электронной схемы управления.

Термоанемометр на основе металлополимерных чувствительных элементов приведен на рис. 7.34.

### 7.5.2. Измерители расхода топлива

Информация о расходе топлива на автомобиле необходима как для бортовых систем контроля, так и для адаптивных систем управления двигателем.

В электромеханических измерителях расхода топлива турбинного типа (тахометрических) считывающим элементом при определении частоты вращения турбин является светодиод инфракрасного излучения и фоторезистор. В расходомере предусмотрены демфирующее устройство для гашения пульсаций потока, системы для удаления воздушных пробок из потока топлива, а также система термокомпенсации.

В одном из вариантов теплового измерителя расхода топлива датчик представляет собой четыре терморезистора, соединенных в мостовую схему и размещенных по периферии на тонкой квадратной подложке. Поток жидкости омывает терморезисторы и в большей степени охлаждает те из них, которые расположены перпендикулярно потоку. В диагонали моста возникает разностный сигнал, фиксирующий расход топлива.

В системах впрыскивания следует учитывать количество топлива, поступающего от форсунок или стабилизатора давления обратно в бак, и компенсировать влияние пульсаций потока топлива и вибрации двигателя на показания измерителей расхода топлива.

### 7.5.3. Датчики давления

Датчикам давления с мембранным чувствительным элементом 3 (рис. 7.35, а) присущи существенные недостатки: наличие механических элементов и сравнительно большое число звеньев в цепи передачи информации, что отрицательно сказывается на точности и надежности измерительной системы.

В бесконтактных индуктивных датчиках при перемещении чувствительного элемента – мембранной камеры 9 (рис. 7.35, б) изменяется воздушный зазор в магнитопроводе, магнитное сопротивление магнитопровода и индуктивность катушки. Катушка включена в измерительный мост. При разбалансировке моста появляется электрический сигнал, поступающий в блок управления.

Применение микронэлектронной технологии позволило перейти к полностью статическим конструкциям датчиков. На рис. 7.35, в, показан интегральный датчик давления с полупроводниковыми тензoeлементами.

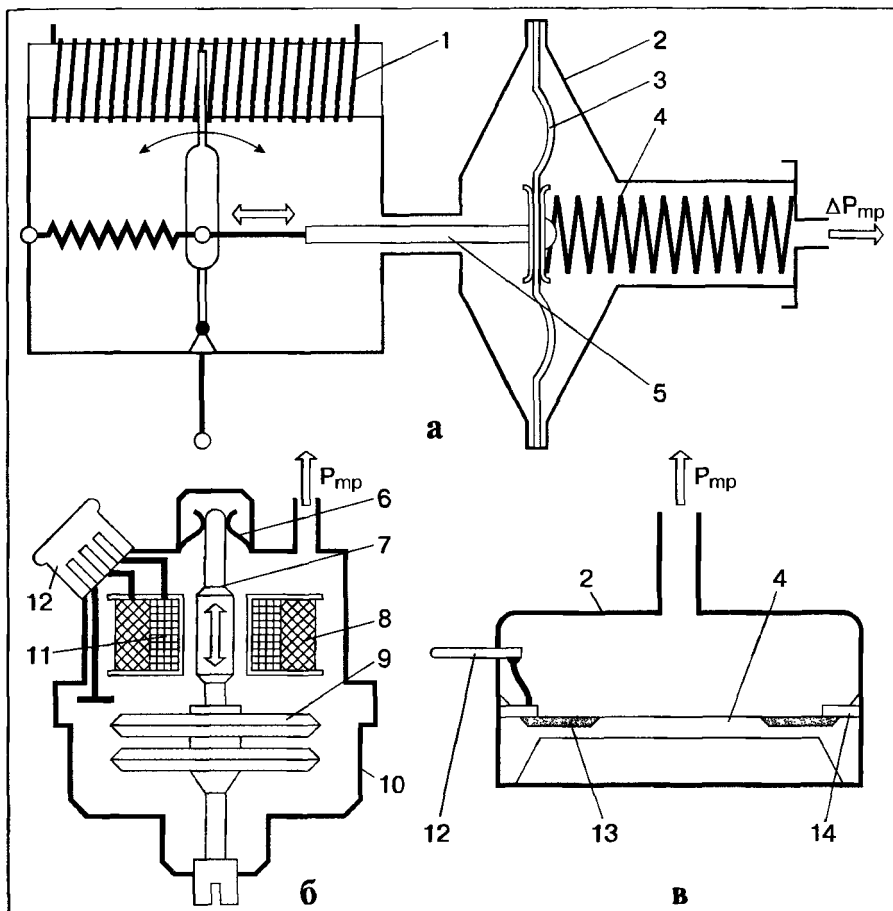


**Рис. 7.35. Датчики давления:**

а – с мембранным чувствительным элементом; б – бесконтактный индуктивный; в – интегральный с полупроводниковыми тензoeлементом; 1 – потенциометр; 2 – корпус мембранного механизма; 3 – мембрана; 4 – калиброванная пружина; 5 – шток; 6 – амортизатор; 7 – стальной сердечник; 8 – первичная обмотка; 9 – мембранная камера; 10 – корпус; 11 – вторичная обмотка; 12 – электрические контакты; 13 – полупроводниковый тензорезистор; 14 – контактная площадка

#### 7.5.4. Датчики температуры

В автомобильных системах контроля в качестве датчиков температуры широко используются полупроводниковые терморезисторы, размещаемые в металлическом корпусе, имеющем разъем для включения датчика в измерительную цепь.

В системах управления находят применение более совершенные типы датчиков температуры, обладающих высокой стабильностью и малым технологиче-



ским разбросом номинального сопротивления, высокой технологичностью, малой инерционностью и простотой конструкции.

Это интегральные датчики температуры. Они представляют собой однокристалльные термочувствительные полупроводниковые элементы с периферийными схемами (усилители и т.д.). Выходным сигналом датчика является напряжение. Это также датчики на основе термочувствительных ферритов и конденсаторов, в которых используются зависимости магнитной и диэлектрической проницаемости от температуры. Однако из-за сложности конструкции они нетехнологичны.

По разным причинам (нетехнологичность, сложность конструкции, высокая стоимость и т.д.) на автомобилях пока не находят применения термозлектрические датчики, датчики на основе кварцевых резонаторов и многие другие.

### **7.5.5. Датчики положения и перемещения**

Для определения положений дроссельной заслонки и угловой скорости перемещения (частоты вращения) коленчатого вала применяют датчики контактного типа.

Основой потенциометрического датчика является пленочный резистор с несколькими контактными дорожками, с которыми контактируют упругие токосъемные элементы. Последние связаны с осью датчика и перемещаются вместе с ней. Токосъемные элементы обеспечивают получение сигналов ускорения при резком открытии дроссельной заслонки, о холостом ходе двигателя, информации о положении дроссельной заслонки и полном или близком к нему открытии дроссельной заслонки.

Основные требования к датчику положения дроссельной заслонки: высокая долговечность и стабильность работы при отсутствии дребезжания контактов. Эти требования выполняются за счет подбора износостойких материалов дорожек и контактных площадок токосъемных элементов.

Недостатки электромеханических датчиков контактного типа отсутствуют в бесконтактных датчиках, в частности, оптоэлектронных датчиках с кодирующим диском. Разрешающая способность датчика может быть меньше  $1^\circ$  за счет применения прецизионных кодирующих дисков и оптических или фотозлектрических устройств. Кодирующий диск имеет прорези или прозрачные площадки. По разным сторонам диска установлены источники света и фоточувствительные элементы (обычно фотодиоды). При вращении диска свет попадает на определенную комбинацию фотодиодов (фотоэлементов), что позволяет однозначно определять угол поворота диска.

Индуктивные датчики перемещения в электронных системах управления двигателем используются в основном для измерения частоты вращения коленчатого или распределительного вала двигателя. Они предназначены также для определения ВМТ первого цилиндра или другой специальной метки, служащей началом отсчета для системы управления, чем обеспечивается синхронизация функционирования системы управления с рабочим процессом двигателя.

Индукционная катушка датчика размещена вокруг постоянного магнита, полюс которого со стороны, обращенной к объекту вращения, например, к зубчатому венцу маховика (см. рис. 7.28, б), имеет магнитопровод из магнитомягкого

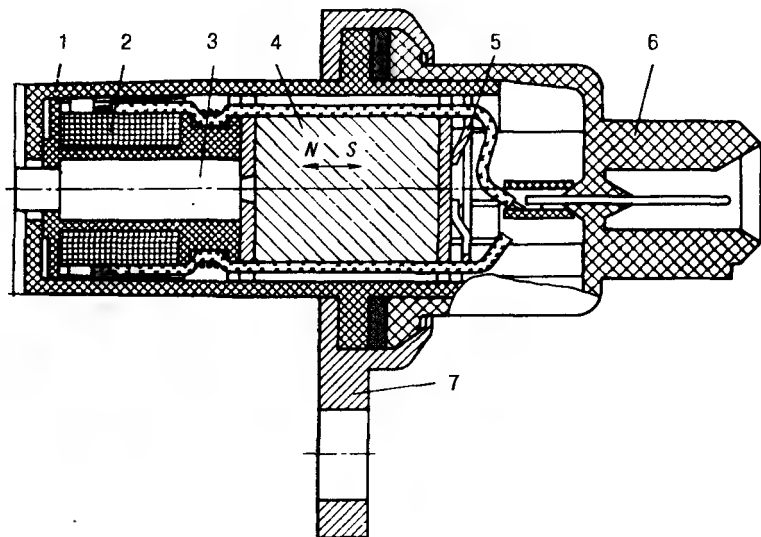


**Рис. 7.36. Индуктивный датчик:**

1 – корпус; 2 – индукционная катушка; 3 – магнитопровод; 4 – магнит из феррита бария; 5 – пружинное кольцо; 6 – крышка со штекерами; 7 – фланец

материала. Магнитопровод установлен с небольшим зазором относительно зубьев вращающегося зубчатого венца маховика.

При перемещении зубьев вращающегося зубчатого венца величина зазора между ними меняется. Это вызывает изменение магнитной индукции и появление двухполярного электрического импульса в индукционной катушке. Две пикообразные полуволны импульса расположены симметрично относительно оси, проходящей через нулевую точку, а нулевая точка соответствует центру каждого зуба, что позволяет с большой точностью определить их положение.

Амплитуда выходного сигнала датчика зависит от длины воздушного зазора между магнитопроводом и маркерным зубом и от скорости изменения магнитной индукции, зависящей от скорости перемещения зуба.

Индуктивные датчики относятся к числу наиболее надежных датчиков в электронных системах управления автомобильными двигателями. Конструкция индуктивного датчика показана на рис. 7.36.

### **7.5.6. Датчики детонации**

Датчики детонации отличаются большим разнообразием по конструкции и физическим принципам работы, так как имеет место большое количество признаков проявления детонации. Соответственно, датчики могут размещаться на двигателе в различных местах.

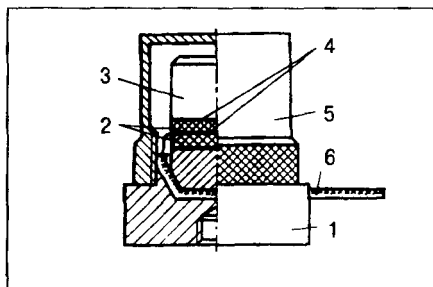


**Рис. 7.37. Пьезоэлектрический вибродатчик:**  
1 – основание; 2 – пьезоэлементы; 3 – инерционная масса; 4 – латунная фольга; 5 – крышка; 6 – кабель

Наиболее распространен способ установления детонации с помощью пьезокварцевого вибродатчика (рис. 7.37), все элементы которого крепятся к основанию 1, выполненному из титанового сплава. Пьезоэлектрический преобразователь состоит из двух включенных параллельно кварцевых пьезоэлементов. При возникновении детонации (вибрации) инерционная масса 3 воздействует на пьезоэлементы 2 с соответствующей частотой и усилием. В результате пьезозффекта появляется переменный сигнал, который снимается с кварцевых пластин с помощью выводов из латунной фольги 4.

### 7.5.7. Датчики кислорода ( $\lambda$ -зонды)

Известны два типа датчиков кислорода. В одном из них чувствительным элементом является диоксид циркония  $ZrO_2$ , во втором – диоксид титана  $TiO_2$ . Оба типа датчиков реагируют на парциальное давление кислорода.

Циркониевый датчик (рис. 7.38) имеет два электрода – внешний 4 и внутренний 5. Оба электрода выполнены из пористой платины или ее сплава и разделены слоем твердого электролита. Электролитом является диоксид циркония  $ZrO_2$  с добавлением оксида иттрия  $Y_2O_3$  для повышения ионной проводимости электролита. Среда, окружающая внутренний электрод, имеет постоянное парциальное давление кислорода. Внешний электрод омывается потоком отработавших газов в выпускной системе двигателя с переменным парциальным давлением кислорода. Ионная проводимость твердого электролита, возникающая вследствие разности парциальных давлений кислорода на внешнем и внутреннем электродах, обуславливает появление разности потенциалов между ними.

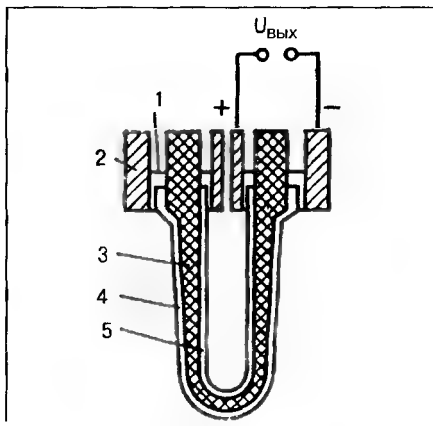


**Рис. 7.38. Схема циркониевого датчика кислорода ( $\lambda$ -зонда):**

1 – электропроводное уплотнение; 2 – корпус; 3 – твердый электролит; 4, 5 – внешний и внутренний электроды

При низком уровне парциального давления кислорода в отработавших газах, когда двигатель работает на обогащенной смеси ( $\lambda < 1$ ), датчик, как гальванический элемент, генерирует высокое напряжение (700–1000 мВ). При переходе на обедненную смесь

(рис. 7.39) парциальное давление кислорода в отработавших газах заметно увеличивается, что приводит к резкому падению напряжения на выходе датчика до 50–100 мВ. Такое резкое падение напряжения датчика (рис. 7.39) при переходе от обогащенных к обедненным смесям позволяет определить стехиометрический состав смеси с погрешностью не более  $\pm 0,5\%$ .

Конструкция датчика кислорода на основе диоксида циркония показана на рис. 7.40.

Принцип работы датчика кислорода на базе диоксида титана  $TiO_2$  основан

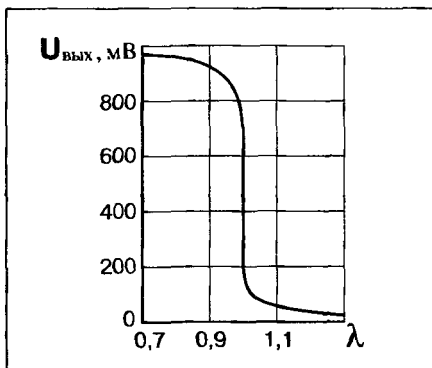


Рис. 7.39. Характеристика циркониевого датчика кислорода

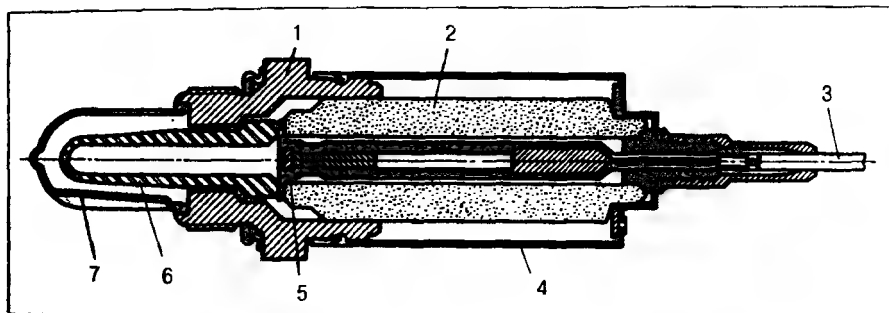


Рис. 7.40. Циркониевый датчик кислорода:

1 — металлический корпус; 2 — уплотнение; 3 — соединительный кабель; 4 — кожух; 5 — контактный стержень; 6 — активный элемент из двуоксида циркония; 7 — защитный колпачок с прорезями

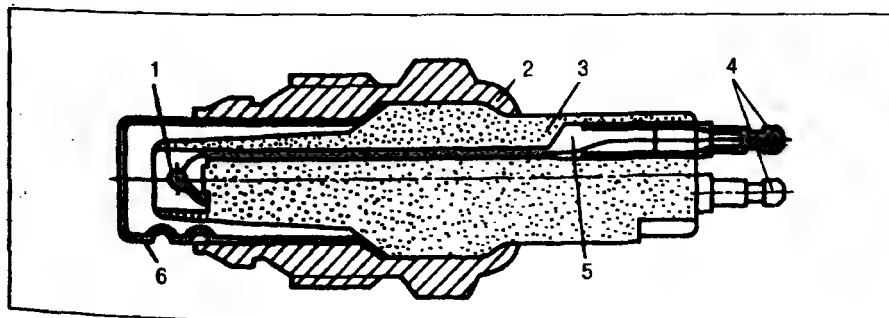


Рис. 7.41. Датчик кислорода на основе  $TiO_2$ :

1 — чувствительный элемент; 2 — металлический корпус; 3 — изолятор; 4 — входные контакты; 5 — уплотнение; 6 — защитный кожух

на изменении электропроводности  $\text{TiO}_2$  при изменении парциального давления кислорода в выпускной системе. Конструкция датчика представлена на рис. 7.41. Параллельно чувствительному элементу 1 датчика подключен термистор для компенсации влияния температуры на сопротивление соединения  $\text{TiO}_2$ .

## 7.6. Исполнительные устройства систем впрыска

### 7.6.1. Электромагнитные форсунки

Работа электромагнитной форсунки связана с протекающими одновременно гидравлическими, механическими, электромагнитными и электрическими процессами, поэтому она является одним из наиболее ответственных элементов в системе впрыскивания топлива.

Форсунки открываются автоматически и осуществляют дозирование и распыливание топлива. Обычно форсунки разрабатываются для каждой модели автомобиля и двигателя, они постоянно совершенствуются, поэтому можно отметить большое разнообразие их конструкций.

Форсунки работают в импульсном режиме при частоте срабатывания от 10 до 200 Гц в условиях вибрации двигателя, повышенных температур и при этом должны обеспечивать линейность характеристики дозирования топлива в пределах 2–5% на протяжении всего срока службы (около 600 млн. циклов срабатывания).

Сигнал на начало впрыскивания топлива подается на обмотку 1 (рис. 7.42) электромагнита, размещенную в металлическом корпусе. В корпусе расположен также запирающий элемент 3 клапана, прижимаемый к седлу пружиной 5. Когда на обмотку электромагнита от электронного блока управления подается электрический импульс прямоугольной формы определенной длительности, запирающий элемент перемещается, преодолевая сопротивление пружины, и открывает отверстие распылителя. Топливо поступает в двигатель. После прекращения электрического сигнала запирающий элемент под действием пружины

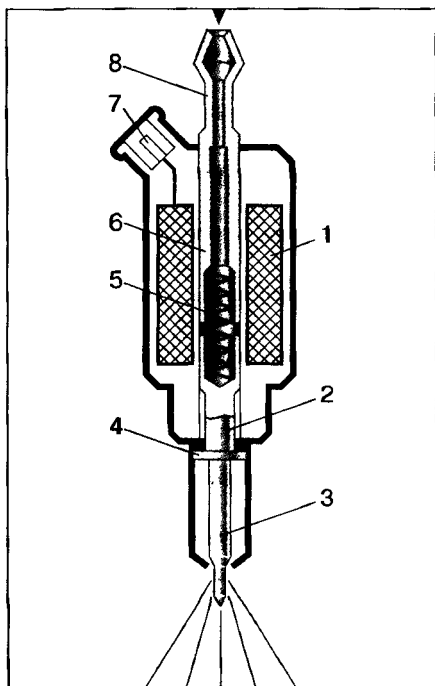


Рис. 7.42. Конструктивная схема электромагнитной форсунки:

1 – обмотка электромагнита; 2 – якорь; 3 – запирающий элемент; 4 – упор; 5 – пружина; 6 – магнитопровод; 7 – выходные контакты; 8 – штуцер для топлива

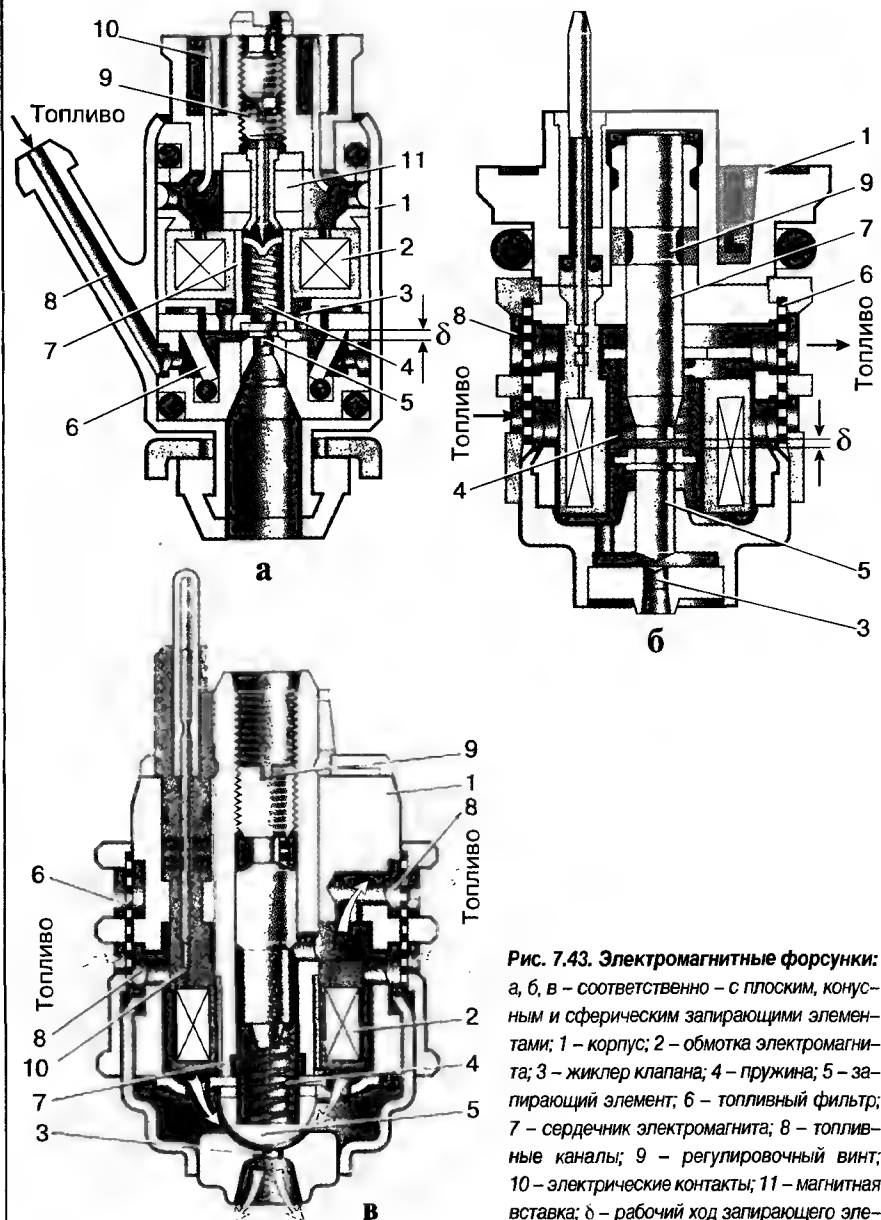


**Рис. 7.43. Электромагнитные форсунки:**  
а, б, в – соответственно – с плоским, конус-  
ным и сферическим запирающими элемен-  
тами; 1 – корпус; 2 – обмотка электромагни-  
та; 3 – жиклер клапана; 4 – пружина; 5 – за-  
пирающий элемент; 6 – топливный фильтр;  
7 – сердечник электромагнита; 8 – топлив-  
ные каналы; 9 – регулировочный винт;  
10 – электрические контакты; 11 – магнитная  
вставка;  $\delta$  – рабочий ход запирающего эле-  
мента

возвращается в седло. Количество впрыскиваемого топлива за цикл при постоянстве давления на входе в форсунку зависит только от длительности управляющего импульса.

В реальной форсунке время открытого состояния клапана не совпадает с длительностью управляющего импульса. После подачи управляющего электрического импульса на форсунку в обмотке электромагнита возникает ток самоиндукции, препятствующий нарастанию магнитного потока в системе. Открытие клапана происходит с задержкой по времени. При прекращении подачи управляющего импульса в результате самоиндукции сохраняющийся магнитный поток будет препятствовать быстрому отпусканию запирающего элемента.

Повысить быстрдействие электромагнитной форсунки можно за счет уменьшения числа витков обмотки электромагнита и ее индуктивности. Однако при этом уменьшается сопротивление обмотки и увеличивается сила потребляемого ею тока. Для ограничения силы тока последовательно с обмоткой включают резистор.

В электромагнитных форсунках используются три вида запирающих элементов клапана (рис. 7.43): плоский (дисковый), конусный (штифтовый), сферический (шариковый).

Плоский запирающий элемент 3 форсунки, представленной на рис. 7.43, а, изготовлен из магнитомягкой стали и в центральной части имеет стальную вставку, которая предотвращает появление кольцевой выработки в месте его

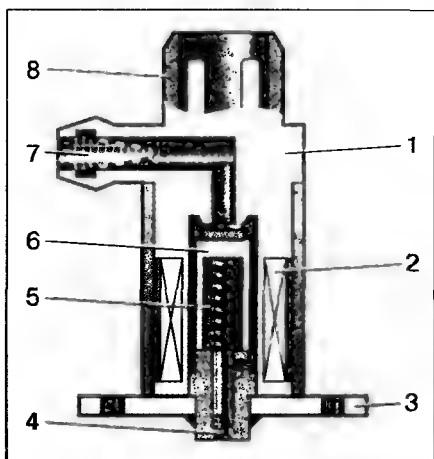


**Рис. 7.44. Пусковая форсунка:**

1 – пластмассовый каркас; 2 – обмотка электромагнита; 3 – фланец крепления форсунки; 4 – распылитель; 5 – пружина; 6 – запирающий элемент; 7 – топливopодводящий штуцер с фильтрующим элементом; 8 – электрические контакты

посадки на седло клапана. Рабочий ход запирающего элемента составляет 0,15 мм и ограничивается специальным дистанционным кольцом. В форсунке применена поляризованная электромагнитная система, которая, кроме обмотки электромагнита, включает кольцевую вставку из магнитотвердого сплава, создающего поляризующий магнитный поток. При этом появилась возможность увеличить усилие пружины 4, что повысило герметичность клапана. Усилие пружины может регулироваться специальным винтом 9, закрытым пробкой. Внутри форсунки размещен топливный фильтр 6 в виде кольца из порошкового материала, так как при попадании загрязнений (частиц размером более 30–40 мкм) клапан форсунки может потерять герметичность.

Форсунки с конусным запирающим элементом (рис. 7.43, б) получили наибольшее распространение. Форсунка имеет нижний подвод топлива, обеспе-

чивающий его постоянную циркуляцию через форсунку, лучшее охлаждение электромагнитной системы и лучшие условия для отвода пузырьков газа.

Преимущество сферического запирающего элемента в форсунке, представленной на рис. 7.43, в, состоит в том, что сферический элемент обладает хорошими герметизирующими свойствами и способностью к центрированию в седле клапана.

Форсунки для распределенного и центрального впрыскивания отличаются по размерам, способу крепления на двигателе, способу подвода топлива и по сопротивлению обмоток электромагнита.

Дополнительная пусковая форсунка отличается по конструкции от рабочих. Обычно она состоит из корпуса с фланцем крепления 4 (рис. 7.44), в который завальцован пластмассовый каркас 1 обмотки 2 электромагнита. Запирающий элемент 6 клапана является якорем электромагнита. В нижней части корпуса расположен центробежный распылитель. При подаче топлива пусковая форсунка постоянно находится в открытом состоянии.

### 7.6.2. Электромагнитные клапаны. Переключающие устройства

Электромагнитный клапан системы автоматического управления ЭПХХ (рис. 7.45) герметично закрыт, что препятствует попаданию влаги в его внутреннюю полость. При подаче напряжения на обмотку электромагнита якорь притягивается к стопу (упору) и запорное кольцо перекрывает доступ топлива по каналу системы холостого хода карбюратора. Обратный ход якоря обеспечивает возвратная пружина. Электромагнитный клапан ЭПХХ имеет неразборную конструкцию, отличается простотой, надежностью и малой стоимостью.

Примером переключающего устройства систем управления двигателем является пневмоэлектрический клапан системы управления турбонаддувом. Специфика работы в среде с высокой температурой требует предусмотреть меры для охлаждения клапана.

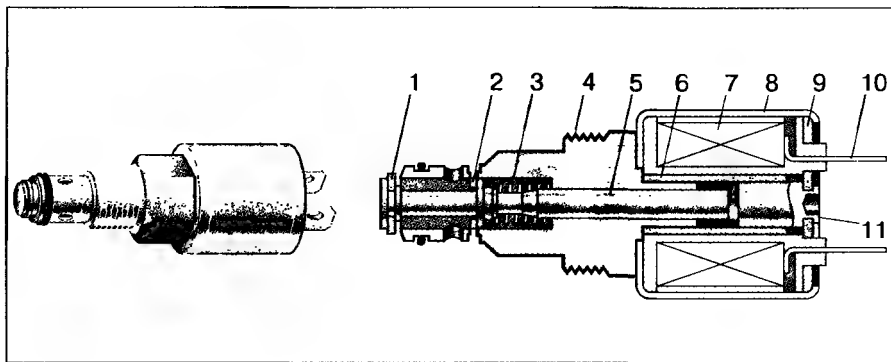


Рис. 7.45. Электромагнитный клапан 3202.3747:

1 – запорное кольцо; 2 – стопорное кольцо; 3 – пружина; 4 – корпус; 5 – якорь; 6 – втулка; 7 – катушка электромагнита; 8 – кожух; 9 – крышка; 10 – штекер; 11 – упор



### 7.6.3. Исполнительные устройства с электродвигателями

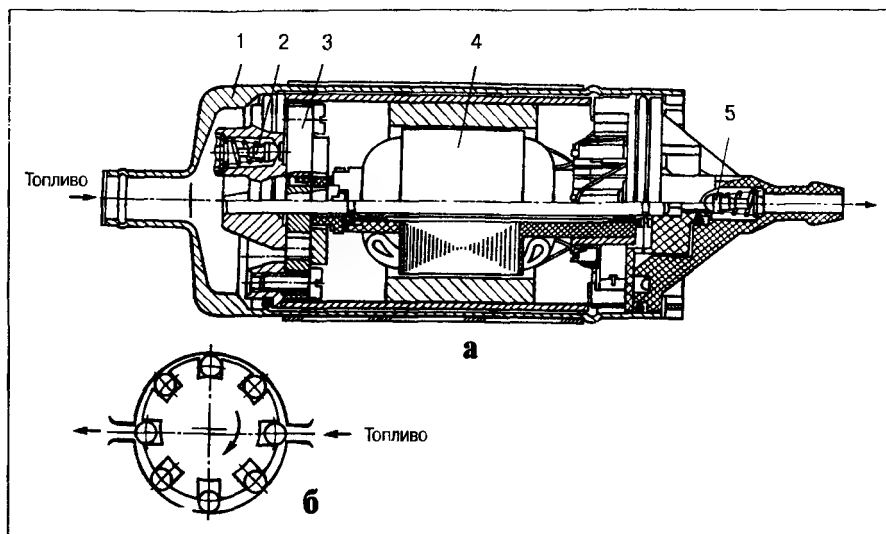


**Рис.7.46. Электрический топливный насос:**

*а* – продольный разрез; *б* – схема действия; 1 – корпус насоса; 2 – предохранительный клапан; 3 – роликовый насос; 4 – электродвигатель; 5 – обратный клапан

Для подачи топлива к форсункам в системах впрыскивания топлива используют электрические топливные насосы. В основном используются насосы роторного (роликового) типа (рис. 7.46). Насосы могут устанавливаться как вне, так и внутри топливного бака. При внешней установке насос представляет собой автономный агрегат, объединяющий насос и электродвигатель в одном корпусе.

При размещении в баке насос представляет собой единый агрегат, включающий собственно насос, топливопроводы, демпфирующее устройство, фильтр, провода электропитания и т.д. Пример системы топливоподачи с таким насосным агрегатом приведен на рис. 7.47.

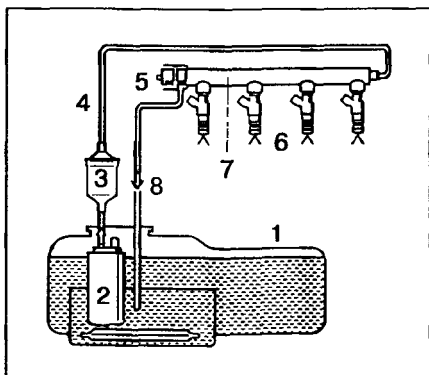


**Рис. 7.47. Схема топливоподачи с топливным насосом, устанавливаемым в топливном баке:**

1 – бак; 2 – топливный насос с электроприводом; 3 – топливный фильтр; 4 – нагнетательная магистраль высокого давления; 5 – регулятор давления топлива; 6 – форсунки; 7 – топливопровод с форсунками (непрерывный поток топлива); 8 – возвратная топливная магистраль

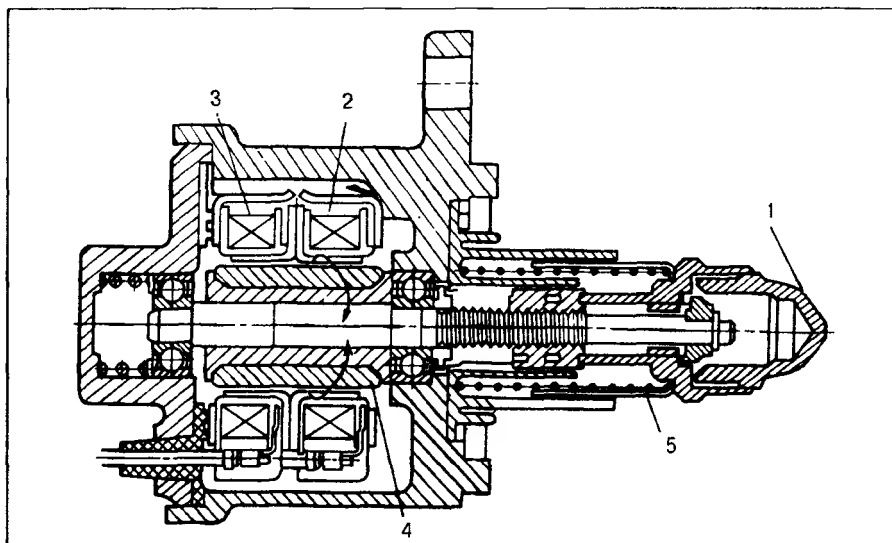


**Рис. 7.48. Регулятор холостого хода с шаговым электродвигателем:**

1 – дросселирующий элемент; 2, 3 – обмотки шагового электродвигателя; 4 – ротор шагового электродвигателя; 5 – пружина

На рис. 7.48 представлен регулятор холостого хода с приводным шаговым электродвигателем. Шаговый электродвигатель имеет четыре обмотки управления. Обмотки размещены на статоре. В продольных пазах ротора установлены постоянные магниты с чередующимся расположением полюсов. Управление двигателем ведется с помощью электрических импульсов различной полярности, подаваемых на обмотки в определенной последовательности.

Малогабаритные электродвигатели постоянного тока используются для регулирования расхода воздуха на холостом ходу путем перемещения дроссельной заслонки. Вал электродвигателя через редуктор связан с цилиндрическим толкателем, который непосредственно воздействует на подпружиненный рычаг заслонки.

## 7.7. Электронные системы управления автомобильными дизелями

Электронное управление дизелем необходимо для уменьшения количества токсичных веществ в отработавших газах, уменьшения дымности, вибрации, уровня шума, оптимизации и стабилизации частоты вращения на холостом ходу и т.д. Это обеспечивается электронным блоком управления, который после обработки информации о состоянии двигателя от различных датчиков выдает управляющие сигналы, обеспечивающие оптимизацию количества подаваемого топлива и момента его впрыскивания.

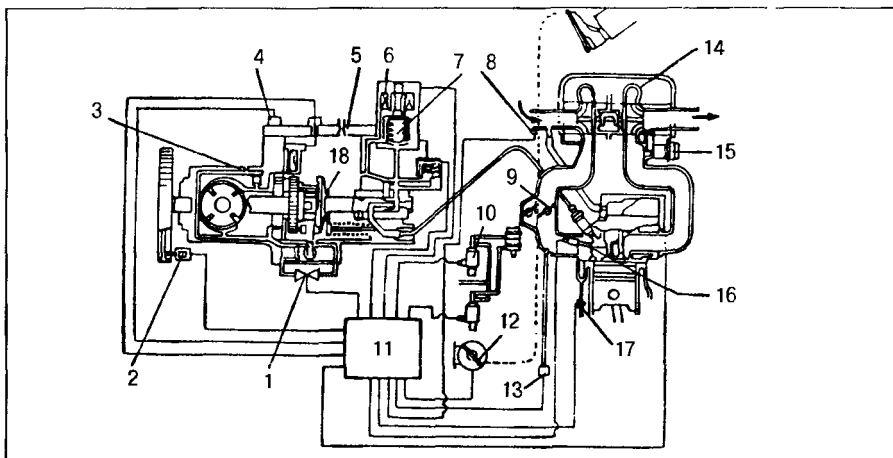


**Рис. 7.49. Система управления дизелем («Toyota»):**

1 – специальный клапан управления; 2 – датчик угла поворота коленчатого вала; 3 – вход топлива; 4 – корректирующее сопротивление; 5 – выход топлива; 6 – электромагнитный перепускной клапан; 7 – электромагнитный клапан; 8 – датчик температуры поступающего в двигатель воздуха; 9 – воздушные заслонки; 10 – клапан; 11 – электронный блок управления; 12 – сигнал открытия педали акселератора; 13 – датчик давления поступающего в двигатель воздуха; 14 – система турбонаддува; 15 – клапан; 16 – датчик воспламенения; 17 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 18 – датчик частоты вращения коленчатого вала

Система управления дизелем («Toyota») приведена на рис. 7.49. Система обеспечивает управление количеством подаваемого топлива, моментом начала подачи топлива, воздушной заслонкой, частотой вращения холостого хода и свечой накаливания.

Управление количеством подаваемого топлива осуществляется электронным блоком управления на основании данных о частоте вращения коленчатого вала и положении педали акселератора с учетом поправок на температуру и давление воздуха на впуске, температуру окружающей жидкости и т.д.

Момент подачи топлива выбирается блоком управления по сигналам датчиков угла поворота педали акселератора, давления воздуха на впуске. Используя сигналы датчика воспламенения, установленного в камере сгорания, блок управления обеспечивает совпадение зарегистрированного момента воспламенения с расчетным.

Управляя воздушной заслонкой в полости впускного трубопровода, можно уменьшить вибрацию двигателя на холостом ходу и устранить вибрации при остановке двигателя. При отказах системы управления воздушная заслонка автоматически наполовину открывается, что предотвращает чрезмерный разгон двигателя.

Получая информацию от различных датчиков, блок управления обеспечивает подачу такого количества топлива, чтобы частота вращения в режиме холостого хода не отличалась от расчетной.

Сила тока свечей накаливания в системе предпускового подогрева дизеля регулируется блоком управления в зависимости от температуры охлаждающей жидкости и ряда других параметров.

## 7.8. Эксплуатация систем управления двигателем

### 7.8.1. Эксплуатация САУЭПХХ

*Неисправности САУЭПХХ.* Нарушения в работе САУЭПХХ проявляются следующим образом:

двигатель останавливается на холостом ходу (двигатель глохнет или не запускается);

двигатель работает неустойчиво (при плавном нажатии на педаль управления дроссельной заслонкой частота вращения коленчатого вала периодически изменяется, отчего автомобиль движется рывками);

подача топлива в режиме принудительного холостого хода не прекращается, что увеличивает его расход.

Общим диагностическим признаком отказа САУЭПХХ служит остановка двигателя в режиме холостого хода.

*Причины остановки двигателя на холостом ходу:*

ненадежность контактных соединений ЭПХХ;

обрыв обмотки, заклинивание запорной иглы электромагнитного клапана;

повреждение диафрагмы, обрыв обмотки электромагнита электропневматического клапана;

неисправность электронного блока.

Поиск неисправностей проводят по схеме, приведенной на рис. 7.50, с помощью тестера и отрезка провода.

Появление рывков автомобиля при движении может быть вызвано неисправностью микровыключателя, блока управления, электромагнитного или электропневматического клапана. Поиск неисправности проводят по схеме на рис. 7.51 с помощью отрезка провода длиной около 2 м.

Если САУЭПХХ не выключает подачу топлива в режиме принудительного холостого хода, то причину следует искать в неисправности микровыключателя, электромагнитного клапана, блока управления или соединительных проводов. Используя отрезок провода, можно найти неисправность по схеме на рис. 7.52.

*Техническое обслуживание САУЭПХХ.* Электронные блоки САУЭПХХ регулируют на заводе-изготовителе. В эксплуатации они не требуют обслуживания, однако необходимо периодически проверять надежность штекерного соединения. В случае выхода из строя блок управления заменяется новым.

Как уже отмечалось, электромагнитные клапаны неремонтопригодны. Однако в процессе эксплуатации следует удалять смолистые отложения с помощью органических растворителей, не разрушающих резину. При отказах САУЭПХХ работоспособность электромагнитного клапана оценивают по тому, насколько свободно перемещается запорный клапан, по сопротивлению обмотки электромагнита и наличию обрывов в обмотке или в цепи ее электропитания. Если в

САУЭПХХ используется электропневмоклапан, то в эксплуатации проверяется исправность как электрической, так и пневматической частей клапана. Клапан проверяют подключением его к аккумуляторной батарее. Если при этом слышен характерный щелчок, значит клапан работает.

Проверку электронных блоков осуществляют измерением частот вращения коленчатого вала двигателя, соответствующих резкому изменению напряжения на выводах, предназначенных для подключения электромагнитного клапана. Эти частоты определяются сначала при плавном увеличении, а затем снижении частоты вращения вала двигателя. Измеренные частоты вращения должны соответствовать пороговым частотам срабатывания блока.

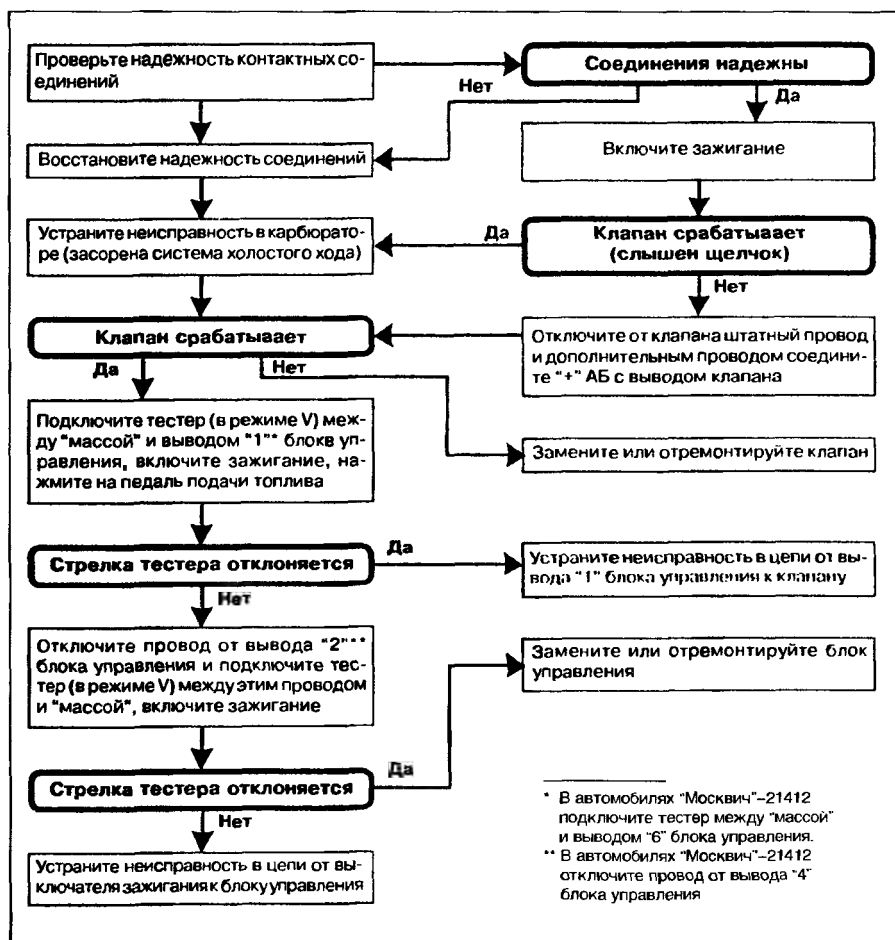


Рис. 7.50. Схема проверки САУЭПХХ при остановке двигателя на холостом ходу

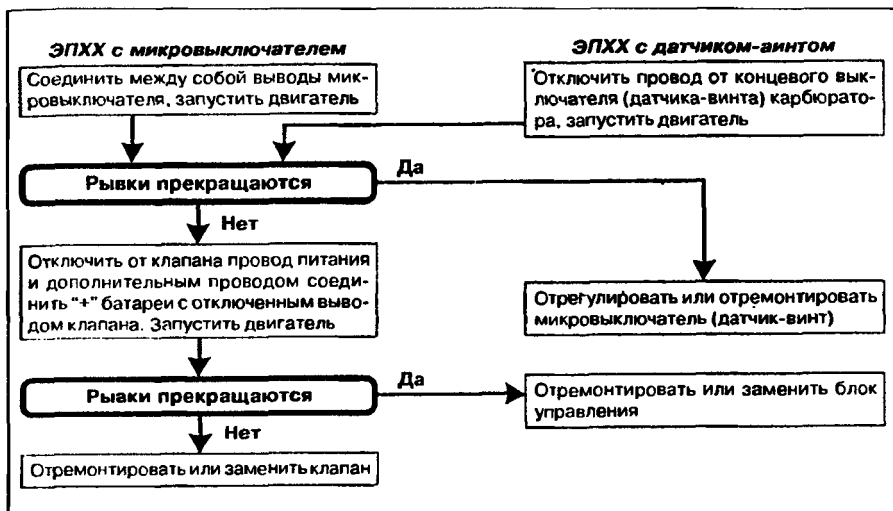


Рис. 7.51. Схема проверки САУЭПХХ при рывках автомобиля во время движения

### 7.8.2. Проверка, регулирование и поиск неисправностей системы «L-Jetronic»

Применение систем впрыскивания топлива вместо обычного карбюратора – это новый этап в развитии автомобильной техники. Системы топливоподачи бензиновых двигателей с впрыскиванием топлива, при многих своих преимуществах, намного сложнее и дороже карбюраторных. Соответственно дороже их обслуживание и ремонт.

**Топливный насос.** Для проверки давления подачи топлива от распределительной магистрали отсоединяют трубопровод подвода топлива и к нему присоединяют манометр. Электронасос подсоединяют непосредственно к аккумуляторной батарее. Давление топлива должно быть в пределах  $2,5 - 3,0 \text{ кгс/см}^2$ . Производительность топливного насоса проверяют при напряжении на выводах электродвигателя 12 В. Сила потребляемого тока должна быть равной 6,5 А. Конец трубопровода подвода топлива опускают в мерную емкость и включают электронасос на 1 мин. При давлении в магистрали  $3 \text{ кгс/см}^2$  в емкости должно оказаться 2,2 л топлива.

**Пусковая форсунка.** Герметичность форсунки проверяют при давлении топлива в системе  $3 \text{ кгс/см}^2$ . Из распылителя форсунки должно вытечь не более  $0,3 \text{ см}^3$  топлива за 1 мин. Конус распыливания при работе форсунки и производительность должны быть соответственно  $80^\circ$  и  $93 \pm 11 \text{ см}^3/\text{мин}$  при давлении в системе  $3,0 \text{ кгс/см}^2$  и  $85 \pm 10 \text{ см}^3/\text{мин}$  при давлении топлива  $2,5 \text{ кгс/см}^2$ . Сопротивление обмотки пусковой форсунки при  $20^\circ\text{C}$  –  $3-5 \text{ Ом}$ .

**Рабочие форсунки.** Исправность электропроводки и электронного блока управления проверяется вольтметром, который присоединяется к колодкам, отсоединенным от форсунок, при включенном зажигании. При включенном стартере про-

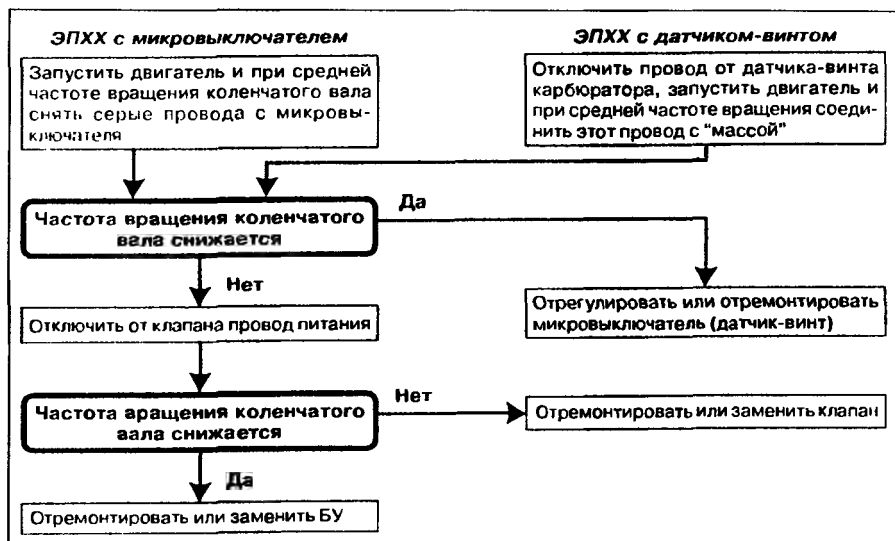


Рис. 7.52. Проверка САУЭПХ, если ЭПХХ не отключает подачу топлива

веряется периодичность впрыскивания топлива форсунками. Все форсунки должны впрыскивать топливо одновременно и через равные промежутки времени. Герметичность форсунок проверяется при давлении топлива в системе  $3,5 \text{ кгс/см}^2$ . Из форсунок не должно вытекать более 1 капли в минуту. Проверяют также и угол конуса распыливания, и производительность форсунки, которые должны быть равны соответственно  $30^\circ$  и  $(176 \pm 5,3) \text{ см}^3/\text{мин}$  при давлении в системе  $2,5 \text{ кгс/см}^2$ .

Как рабочие, так и пусковые форсунки неремонтопригодны.

**Регулирование холостого хода двигателя.** Регулирование холостого хода осуществляется винтами качества и количества рабочей смеси. Винтом количества смеси устанавливают частоту вращения коленчатого вала в пределах  $900 \pm 50 \text{ мин}^{-1}$ . Частота вращения снижается при повороте винта по часовой стрелке. Содержание окиси углерода CO в отработавших газах при работе системы «L-Jetronic» должно быть в пределах  $(0,5 \pm 0,2)\%$ . Причинами повышенного содержания CO могут быть: подсос воздуха через отверстие маслостерного шупа; повышенный уровень масла в картере; прорыв отработавших газов в картер; негерметичность впускных и выпускных клапанов; неисправность измерителя расхода воздуха; невыключение пусковой форсунки; нарушения в работе электронных устройств системы впрыскивания топлива; негерметичность рабочих форсунок.

Для регулировки холостого хода используются тахометр и газоанализатор, а на автомобилях с датчиком кислорода – прибор Bosch 5280.

Возможные неисправности системы впрыскивания топлива «L-Jetronic» с указанием, что именно нужно проверить и при неисправности заменить, приведены в табл. 7.1.

**Таблица 7.1. Возможные неисправности системы впрыска «L-Jetronic»**

| Неисправность                                                          | Перечень причин, вызывающих неисправность<br>проверяющих приборов и систем |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Двигатель не запускается<br>(температура масла < 20°C)                 | 1 2 3 4 8 10 15 16 17 18 23                                                |
| Двигатель не запускается<br>(температура масла > 60°C)                 | 1 2 3 4 10 15 16 17 18 23                                                  |
| Затрудненный пуск двигателя<br>(температура масла < 20°C)              | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 13 14 15 16 17 18 19 22 23                         |
| Затрудненный пуск двигателя<br>(температура масла > 60°C)              | 2 3 4 9 10 14 15 16 17 18 19 20 22 23                                      |
| Двигатель запускается и глохнет                                        | 1 3 4 5 7 10 13 15 16 17 18 22 23                                          |
| Двигатель работает неустойчиво<br>на холостом ходу при прогреве        | 3 4 7 8 9 10 11 13 14 15 16 17 19 23                                       |
| Холостой ход двигателя не соответствует<br>номинальному значению       | 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 19 20 21 22 23                               |
| Двигатель работает с перебоями<br>на холостом ходу                     | 5 6 10 11 15 16 17 19 21                                                   |
| Двигатель «трясет» при разгоне                                         | 2 3 4 5 6 10 11 15 16 17 19 20 21 23 24                                    |
| Двигатель «трясет» при движении<br>с постоянной скоростью              | 2 3 4 5 6 9 10 11 15 16 17 19 20 21 22 24                                  |
| Двигатель «трясет» на принудительном<br>холостом ходу                  | 10 11 15 16 17 18 20                                                       |
| Стук в двигателе при увеличении<br>частоты вращения коленчатого вала   | 6 15 16 17                                                                 |
| Двигатель не обладает<br>достаточной приемистостью                     | 1 2 3 4 5 6 8 9 10 11 12 15 16 17 19 20 21 22 23 24                        |
| Повышенный расход топлива                                              | 6 7 8 9 10 11 12 15 16 17 19 20 24                                         |
| Повышенное содержание СО и СН<br>в отработавших газах на холостом ходу | 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 19 20 24                                       |
| Пониженное содержание СО и СН<br>в отработавших газах на холостом ходу | 2 3 4 10 11 13 15 16 17 19 22 23                                           |
| Двигатель не развивает полной мощности                                 | 1 3 6 9 10 11 12 13 15 16 17 19 20 22 23 24                                |

**Перечень проверяемых приборов и систем (к табл. 7.1):**

1 – топливный насос; 2 – фильтр очистки топлива; 3 – давление впрыскивания форсунок; 4 – давление нагнетания топливного насоса; 5 – производительность топливного насоса; 6 – качество топлива; 7 – клапан дополнительной подачи топлива; 8 – термореле; 9 – пусковая форсунка; 10 – рабочие форсунки; 11 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 12 – выключатель дроссельной заслонки; 13 – корпус дроссельной заслонки; 14 – пневмопровод дроссель-



ной заслонки; 15 – измеритель расхода воздуха; 16 – электронный блок управления; 17 – электропровода и их соединения; 18 – реле включения топливного насоса; 19 – воздушный фильтр; 20 – система охлаждения двигателя; 21 – герметичность соединений во впускном тракте двигателя; 22 – отсутствие подсоса воздуха в двигатель; 23 – впускной тракт двигателя; 24 – отсутствие рабочей смеси при частичной нагрузке двигателя.

### **7.8.3. Проверка и регулирование системы впрыскивания топлива «Motronic»**

*Топливный насос.* Проверяют давление подачи топлива манометром, подсоединяемым к отверстию шланга подвода топлива и входному патрубку регулятора. Давление должно быть в пределах 2,8–4,2 кгс/см<sup>2</sup>. Если давление выше 4,5 кгс/см<sup>2</sup>, проверяют фильтр тонкой очистки топлива, топливопроводы и их соединения. Если они исправны, заменяют топливный насос.

Для проверки производительности топливного насоса сливной шланг отсоединяют от регулятора давления и его конец опускают в мерную емкость. Включают топливный насос. Количество топлива, которое вытечет в емкость за 1 мин, должно составлять 1,9 л. Если производительность топливного насоса отличается от указанной (номинальной), проверяют поступление топлива к насосу и фильтр тонкой очистки (на наличие засорений). Если топливо поступает нормально и фильтр не засорен, заменяют топливный насос.

*Регулятор давления топлива.* Манометр подсоединяют к входящему патрубку регулятора. Включают топливный насос и по манометру определяют давление топлива. Далее отсоединяют от регулятора давления вакуумный шланг и подсоединяют к патрубку регулятора ручной вакуумный насос, с помощью которого создают в регуляторе разрежение 0,5 кгс/см<sup>2</sup>. При этом давление топлива должно снизиться на ту же величину.

*Потенциометр расходомера воздуха.* Отсоединив от расходомера трубопровод подвода воздуха, перемещают напорный диск потенциометра и измеряют сопротивление потенциометра, которое должно находиться в пределах 60–1000 Ом. Если результат измерения выходит за указанные пределы, расходомер воздуха заменяют.

*Датчик температуры воздуха на впуске.* Датчик температуры встроен в расходомер воздуха. Для проверки исправности измеряют его сопротивление, которое зависит от температуры воздуха:

–10°C – в пределах 8–10 кОм;

+20°C – 2–3 кОм;

+80°C – 0,30–0,37 кОм.

*Проверка холостого хода двигателя.* В данной системе впрыскивания нет регулировочных винтов качества и количества горючей смеси, поэтому частоту вращения на холостом ходу и содержание СО и СН в отработавших газах в эксплуатации не регулируют. Однако, если содержание СО превышает 1%, проверяют состояние форсунок, датчика температуры охлаждающей жидкости и давление подачи топлива. При содержании СО ниже 0,5% проверяют герметичность впускного тракта, надежность присоединения шлангов системы регулирования холостого хода и при необходимости устраняют причину подсоса воздуха.

## Системы освещения, световой и звуковой сигнализации

### 8.1. Назначение и классификация световых приборов

Система освещения и световой сигнализации предназначена для освещения дороги, передачи информации о габаритных размерах автомобиля, предполагаемом или совершаемом маневре, для освещения номерного знака, кабины, салона, контрольно-измерительных приборов, багажника, подкапотного пространства и т.д. От состояния и характеристик световых приборов зависит безопасность движения автомобилей, особенно в темное время суток.

Большую часть информации о дорожной обстановке и состоянии автомобиля водитель получает через органы зрения. Безопасность движения зависит от видимости объектов на дороге, которая, в свою очередь, определяется интенсивностью освещения, типом и состоянием дорожного покрытия, характеристиками органов зрения водителя и объектов на дороге. Автомобильные световые приборы должны обеспечивать хорошую видимость и необходимую информативность в широком диапазоне расстояний и в различных погодных условиях, не вызывая ослепления водителей в темное время суток. С наступлением темноты видимость дороги и предметов на ней ухудшается вследствие недостаточной или неравномерной их освещенности. Видимость ухудшается также во время тумана, дождя, снегопада или пылевой бури, при уменьшении прозрачности лобового стекла, а также с увеличением расстояния до объекта. При движении в условиях ограниченной видимости увеличивается вероятность дорожно-транспортного происшествия. От дальности видимости зависит допустимая скорость движения автомобиля. Безопасность движения обеспечивается в том случае, если дальность видимости дороги превышает путь автомобиля при торможении.

Зрительная работа водителя сложнее ночью при освещении дороги фарами. В темное время суток ограничено время обнаружения объектов на дороге, так как в поле зрения водителя они появляются на расстояниях, определяемых дальностью освещения дороги. Поле зрения водителя ограничено углом рассеяния света фар. При попадании в глаза водителя света фар встречного автомобиля или фонарей впереди идущего транспортного средства возможно как ослепление, так и ощущение дискомфорта. Дискомфорт становится ощутимее при увеличении яркости фар, фонарей и их угловых размеров. Особенно тяжелые условия работы глаз водителя возникают при переключении света фар и при колебаниях светового пучка фар автомобиля, движущегося по неровной дороге.

Работа системы освещения основана на принципах генерирования излучения, распределения и перераспределения в пространстве электромагнитных излучений оптической области спектра. Органами зрения воспринимаются видимые излучения с длиной волны  $\lambda$  в диапазоне 380–760 нм. При совокупном воздействии излучения данного диапазона воспринимаются органом зрения как белый свет, который, в свою очередь, состоит из однородных излучений:

|                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| Цветовой спектр ..... | Длина волны, нм |
| Красный .....         | 770–620         |
| Оранжевый .....       | 620–590         |
| Желтый .....          | 590–560         |
| Зеленый .....         | 560–500         |
| Голубой .....         | 500–480         |
| Синий .....           | 480–450         |
| Фиолетовый .....      | 450–380         |

Органы зрения обладают избирательной способностью к отдельным диапазонам видимого спектра. Наибольшую спектральную чувствительность глаз человека проявляет к излучению с длиной волны 555 нм (желто-зеленый цвет).

На автомобилях устанавливают различные по назначению, конструкции, электрическим и светотехническим параметрам световые приборы. В обязательный комплект световых приборов для всех автомобилей входят не менее двух фар дальнего и ближнего света, по два габаритных огня и по два указателя поворота спереди и сзади, два световозвращателя и один фонарь освещения номерного знака, расположенные сзади. В качестве дополнительных светосигнальных приборов устанавливают контурные огни, боковые повторители указателей поворота, опознавательные знаки автопоезда и прицепов, боковые световозвращатели, огни преимущественного проезда. К необязательным световым приборам относят противотуманные фары, фары-прожекторы, прожекторы-искатели, задние противотуманные фонари, фонари заднего хода и увеличения габарита автомобиля, боковые габаритные и стояночные огни.

Большое количество световых приборов на автомобиле не должно вызывать трудностей при их различении участниками дорожного движения. Для этого используется система кодирования информации, поступающей от световых приборов. К кодирующим элементам относят количество одновременно работающих световых приборов, их расположение на транспортном средстве и режим работы, расстояние между одновременно работающими световыми приборами, форма светоизлучающей поверхности, цвет излучаемого света и интенсивность излучения в пределах одного цвета.

Автомобильные световые приборы делятся на осветительные и светосигнальные. Световой пучок осветительного прибора воспринимается после отражения от дороги или объекта на дороге, а световой поток светосигнального прибора наблюдатель воспринимает непосредственно. Фары и фонари заднего хода можно считать и осветительными, и светосигнальными приборами. Водитель автомобиля, на котором они установлены, воспринимает их световой пучок после отражения от дороги и наблюдаемых объектов, а другие участники дорожной обстановки – непосредственно.

Световые приборы преобразуют электрическую энергию в световой пучок оп-

ределенной структуры (соответствующим образом организованную совокупность направлений излучения света) и спектра (цветность излучения). Оптическая система светового прибора, обеспечивающая необходимую структуру и спектр светового пучка, включает лампу, отражатель и рассеиватель. Лампа является источником света. Отражатель, обычно в виде параболоида вращения, концентрирует световой поток, испускаемый лампой, в требуемом телесном угле. Рассеиватель, выполненный из прозрачного материала, перераспределяет световой поток в вертикальной и горизонтальной плоскостях с помощью линз и призм на его внутренней поверхности и, при необходимости, меняет цвет излучаемого света.

Основными светотехническими параметрами световых приборов являются активная поверхность оптической системы, световое отверстие, телесный и плоский углы охвата, углы излучения и рассеивания, фокус и фокусное расстояние оптической системы, коэффициент отражения для отражателей и коэффициент пропускания и поглощения для рассеивателей.

Активной поверхностью оптической системы является зеркальная поверхность отражателя. Ее проекция на плоскость, перпендикулярную оптической оси, называется световым отверстием. Оптическая ось светового прибора – это ось его симметрии. Лучи, падающие на активную поверхность отражателя параллельно оптической оси, собираются в фокусе. В реальных оптических системах с фокусом совмещают центр тела накала источника света. Отрезок оптической оси фокуса до вершины отражателя называется фокусным расстоянием.

Телесным углом охвата активной поверхности является угол, в пределах которого поверхность оптической системы видна из фокуса. Сечение телесного угла охвата  $\omega$  меридиональной плоскостью, проходящей через ось вращения параболоида, образует плоский угол охвата  $\varphi$ . Телесный угол, в котором сконцентрирован отраженный активной поверхностью и вышедший из системы световой поток, называют углом излучения оптической системы.

Коэффициент отражения оптической системы – это отношение отраженного светового потока к световому потоку, падающему на отражающую поверхность. Коэффициент пропускания – отношение светового потока, прошедшего через поверхность, к световому потоку, падающему на нее. Под коэффициентом поглощения понимается отношение светового потока, поглощаемого световой системой, к световому потоку, ею создаваемому.

Действие оптической системы осветительных и светосигнальных приборов заключается в том, что большая часть светового потока, падающая на отражающую поверхность в пределах телесного угла охвата, после отражения проходит в пределах сравнительно малого телесного угла излучения. Поэтому концентрация светового потока внутри угла излучения существенно возрастает.

Часть светового потока, исходящая непосредственно от источника света и излучаемая вне угла охвата оптической системы, в осветительных приборах, как правило, экранируется, чтобы непреобразованный свет не создавал дополнительных помех водителю.

Параметры световых приборов в значительной мере зависят от свойств материалов, из которых выполняются отдельные элементы оптической системы.

В целях обеспечения наиболее благоприятных условий видимости при движе-

нии на дорогах в ночное время световые приборы постоянно совершенствуют. Разрабатывают конструкции фар с более рациональным светораспределением. Устанавливают устройства, автоматически ослабляющие слепящее действие фар при встречном разъезде автомобилей. Для управления осветительными и светосигнальными приборами широко применяют электронику.

## **8.2. Международная система обозначений световых приборов**

Большое внимание уделяется нормированию характеристик автомобильных световых приборов. В 1958 году в рамках Комитета по внутреннему транспорту Европейской экономической комиссии при ООН (ЕЭК ООН) было подписано «Соглашение о принятии единообразных условий официального утверждения и о взаимном признании официального утверждения оборудования и частей механических транспортных средств». В развитие этого Соглашения разрабатывают прилагаемые к нему Правила. Отечественные стандарты на автомобильные световые приборы разрабатывают с учетом требований Правил ЕЭК ООН.

Разработке единых технических требований, предъявляемых к структурному составу осветительных и светосигнальных приборов, к их светотехническим характеристикам, способствовало развитие Международных автомобильных перевозок.

На соответствие Правилам ЕЭК ООН световые приборы проверяются в специальных светотехнических лабораториях. Автомобильные световые приборы, которые успешно прошли проверку на соответствие Правилам ЕЭК ООН, получают знак международного утверждения (табл. 8.1). Знак международного утверждения наносится на рассеиватель или основной корпус светового прибора и представляет собой круг, в котором проставлена буква Е и отличительный номер страны, выдавшей официальное утверждение. Порядковые номера странам присвоены в хронологическом порядке ратификации ими Соглашения (например, 2 – Франция; 4 – Нидерланды; 7 – Венгрия). Под кругом или справа от него указывают номер официального утверждения.

Под кругом над порядковым номером официального утверждения может стоять горизонтальная стрелка. Направленная вправо стрелка на фаре головного освещения говорит о том, что фара сконструирована для эксплуатации в странах с левосторонним движением на дорогах. Двухстороннюю стрелку имеют фары, которые за счет перемещения лампы или оптического элемента могут быть использованы как при правостороннем, так и при левостороннем движении. На фарах, используемых на дорогах с правосторонним движением, стрелка не ставится. Стрелка на рассеивателях светосигнальных фонарей указывает направление, в котором обеспечивается наибольший геометрический угол видимости в горизонтальной плоскости. При установке передних и задних указателей поворота острие стрелки должно быть направлено к наружной части автомобиля, а при установке боковых указателей поворота – к передней части автомобиля.

Над кругом знака официального утверждения фар головного освещения наносят квадрат, в который вписывают буквы *C*, *R*, *S*, *H*. Единичные буквы *C* или *R*

Таблица 8.1. Международная система обозначений световых приборов

| Световой прибор               | Знак международного утверждения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Фары головного освещения      | <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">R</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>296</div> </div> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">C</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>297</div> </div> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">CR</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>258</div> </div> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">SCR</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>180</div> </div> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">HR<sup>20</sup></div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>182</div> </div> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">HCR<sup>25</sup></div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>165</div> </div> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">B</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>2439</div> </div> </div> |
| Габаритные огни               | <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">A</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>518</div> </div> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">R</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>→<br/>1021</div> </div> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">R</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>←<br/>1021</div> </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Указатели поворота            | <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <div>1</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>←<br/>680</div> </div> <div style="text-align: center;"> <div>2a</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>→<br/>851</div> </div> <div style="text-align: center;"> <div>2b</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>456</div> </div> <div style="text-align: center;"> <div>4</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>216</div> </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Сигналы торможения            | <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">R-S1</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>←<br/>596</div> </div> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">R-S2</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>512</div> </div> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">S1</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>1022</div> </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Свето-возвращатели            | <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <div>II</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>148</div> </div> <div style="text-align: center;"> <div>I</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>147</div> </div> <div style="text-align: center;"> <div>148</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>II</div> </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Задние противотуманные фонари | <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">B</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">E<sub>2</sub></div> <div>00242</div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

означают, что фара удовлетворяет международным нормам только в отношении ближнего или дальнего света. Наличие в квадрате двух букв *CR* говорит о том, что оптическая система фары рассчитана на работу в режимах как ближнего, так и дальнего света. Для обозначения цельностеклянного оптического элемента (лампы-фары) в квадрат вводят букву *S*. Отсутствие буквы *S* говорит об использовании металлостеклянного элемента. Фары с дополнительной буквой *H* в квадрате рассчитаны на применение только галогенных ламп. Цифры

справа от круга на фарах с галогенными лампами соответствуют округленному маркировочному значению максимальной силы света галогенного оптического элемента при дальнем свете:

|                                                          |               |            |                 |               |              |                |
|----------------------------------------------------------|---------------|------------|-----------------|---------------|--------------|----------------|
| Цифры на знаке . . . . .                                 | 1             | 20         | 25              | 30            | 40           | 50             |
| Максимальная сила<br>света, кд·10 <sup>3</sup> . . . . . | 2,75–<br>–3,5 | 55–<br>–70 | 68,75–<br>–87,5 | 82,5–<br>–105 | 110–<br>–140 | 137,5–<br>–175 |

Для противотуманных фар и фонарей над кругом проставляют букву *B*. На рассеивателях задних габаритных огней в квадрате над кругом стоит буква *A*. Передние габаритные огни обозначают буквой *A*. На фонарях заднего хода проставляют символ *R*. Для фонарей освещения номерного знака дополнительные надписи над кругом не предусмотрены.

Знак официального утверждения указателей поворота отличается тем, что над кругом дано обозначение категории светового прибора. К категории 1 относят передние указатели поворота, к категориям 2a и 2b соответственно одно- и двухрежимные задние указатели поворота. Различные типы боковых указателей поворота разделены на категории 3, 4 и 5. К категории 3 относятся передние боковые указатели поворота, предназначенные для использования на транспортном средстве, не имеющем других указателей поворота. Передние боковые указатели поворота категории 4 устанавливают в том случае, если на транспортном средстве уже установлены указатели поворота категорий 2a или 2b. На транспортных средствах, где есть указатели поворота категорий 1 и 2 (2a или 2b), могут устанавливать дополнительные боковые указатели поворота категории 5.

Одно- и двухрежимную работу сигналов торможения кодируют в квадрате над кругом знаками *S1* и *S2*. На световых приборах, имеющих одновременно задний габаритный огонь и сигнал торможения, над кругом проставляют прямоугольник, в который вписывают буквы *R* и знаки *S1* или *S2*, отделенные горизонтальной чертой.

Римские цифры I, II или III, указывающие категорию и номер официального утверждения световозвращателя, должны

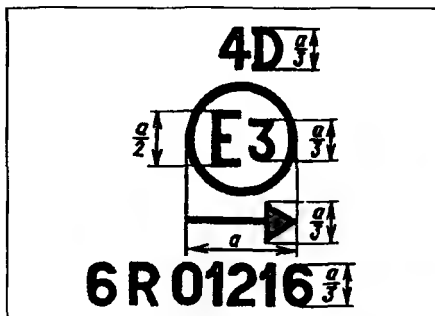


Рис. 8.1. Обозначение знака международного утверждения:

*a* – линейный размер (минимальное значение 5 мм)

находиться на диаметрально противоположных сторонах круга, в который вписана буква *E*, и в любом положении по отношению к нему. Световозвращатели категории I предназначены для транспортных средств шириной 1,6 м и более, категории II – для транспортных средств шириной менее 1,6 м. Световозвращатели категории III устанавливают на прицепы и полуприцепы. Знак официального утверждения проставляют на освещающей поверхности или на одной из освещающих поверхностей световозвращателя.

Если сигнальные огни используются как одиночные и в сочетании двух ог-

ней, справа от обозначения ставят букву D. Пример маркировки светосигнальных приборов показан на рис. 8.1. В том случае, если два или несколько огней являются частью одного устройства в группированных, комбинированных или совмещенных фонарях, их маркировка может выполняться по упрощенным вариантам (рис. 8.2).

### 8.3. Лампы световых приборов

В качестве источника света в автомобильных световых приборах используют электрические лампы накаливания. Требования к их параметрам и применяемости нормируются Правилом 37 ЕЭК ООН, ГОСТ 2023.1–88.

Конструкцию, применяемость и способы контроля лампы определяют следующие параметры и характеристики: категория, тип лампы, номинальное и расчетное напряжения, номинальное и предельные значения мощности и светового потока, средняя продолжительность горения, световая отдача, тип цоколя, масса, геометрические координаты положения нитевой системы относительно базовой (установочной) плоскости.

Контрольный световой поток – номинальный световой поток эталонной лампы, при котором измеряются оптические характеристики осветительного прибора.

Базовая плоскость – плоскость, по отношению к которой определяются основные размеры лампы.

Световая отдача  $\eta$  – отношение излучаемого источником света светового потока к потребляемой мощности.

Средняя продолжительность горения – средняя продолжительность горения отдельных ламп в испытываемой партии.

Правила 37 ЕЭК ООН и МЭК 809–85 устанавливают требования к лампам фар категорий R2, H1, H2, H3, H4, сигнальных фонарей – P21/5W, P21W, R5W, R10W, C5W, цитков приборов и освещения салона – T4W, W3W, W5W.

Автомобильная лампа состоит из колбы 1 (рис. 8.3), одной или двух нитей накала 2 и 3, цоколя 7 с фокусирующим фланцем 5 или без него и выводов 6.

Колба лампы представляет собой стеклянный сосуд шаровидной, каплевидной, грушевидной или цилиндрической формы, в котором размещены нити накала. Нити накала в двухнитевых лампах имеют различное функциональное назначение.

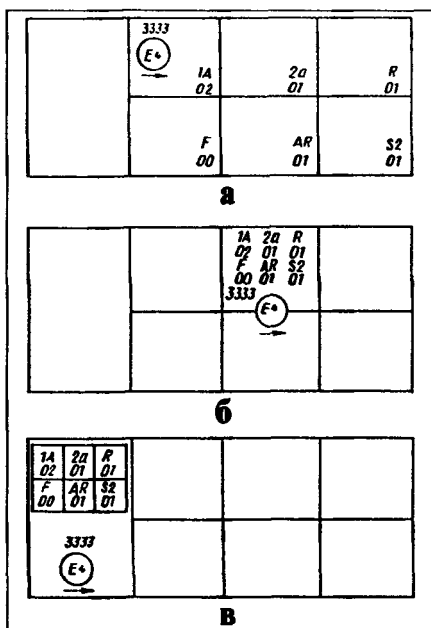


Рис. 8.2. Фонари и их обозначение:

а – группированные; б – комбинированные; в – совмещенные



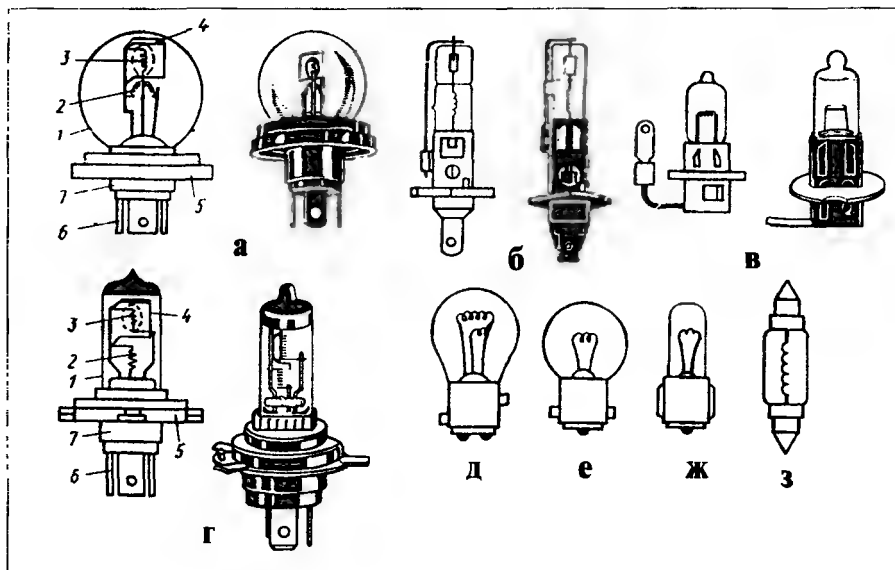


**Рис. 8.3. Автомобильные лампы накаливания:**

а – для фар головного освещения с европейской асимметричной системой светораспределения; б – галогенная категории Н1; в – галогенная категории Н3; г – галогенная категории Н4; д – двухштифтовая; е – одноштифтовая; ж – пальчиковая; з – софитная; 1 – колба; 2 – нить дальнего света; 3 – нить ближнего света; 4 – экран; 5 – фокусирующий фланец; 6 – выводы; 7 – цоколь

Цоколь лампы служит для крепления лампы в патроне светового прибора и подведения тока от источника энергии к электродам, соединяющим контакты цоколя с нитями накала. Автомобильные лампы имеют штифтовые и фланцевые цоколи различной конструкции. В лампе со штифтовым цоколем трудно обеспечить точное расположение нити накала относительно штифтов. Штифтовый цоколь не позволяет надежно фиксировать лампу в патроне. Поэтому лампы со штифтовыми цоколями применяются в основном в световых приборах, к которым не предъявляются жесткие требования в отношении светотехнических характеристик.

Для точной фиксации нитей накала относительно фокуса параболического отражателя лампы автомобильных фар снабжают фокусирующим фланцевым цоколем. Конструкция фланца позволяет устанавливать лампу в оптический элемент лишь в одном определенном положении.

Размеры и расположение нити накала в лампе нормируются отечественными и международными стандартами для того, чтобы при замене лампы характеристики светового прибора существенно не изменялись.

При прохождении электрического тока нить накала лампы нагревается и при определенной температуре начинает излучать свет. Энергия светового излучения, воспринимаемого человеческим глазом, составляет только небольшую

часть потребляемой лампой электрической энергии. Большая часть электрической энергии выделяется в виде теплового излучения.

Нить накала должна выдерживать высокие температуры, иметь малые размеры. Ее изготавливают из тонкой вольфрамовой проволоки, свитой в цилиндрическую спираль. Спираль крепится к электродам и обычно имеет форму прямой линии или дуги окружности. Тугоплавкий вольфрам имеет температуру плавления 3380°C и позволяет нагревать спираль до 2300–2700°C. С повышением температуры спирали увеличивается яркость и световая отдача лампы. Однако при температуре нити накала свыше 2400°C вольфрам интенсивно испаряется и, оседая на стенках стеклянной колбы, образует темный налет, уменьшающий световой поток лампы.

Вольфрам интенсивнее испаряется в вакуумных лампах. Поэтому лампы мощностью свыше 2 Вт заполняют смесью инертных газов аргона и азота или криптона и ксенона. Благодаря большому давлению инертных газов в колбе газонаполненной лампы допускается более высокая температура нагрева спирали, что позволяет увеличить световую отдачу до 14–18 лм/Вт при сроке службы 125–200 ч.

Повышение температуры нити накала до 2700–2900°C достигается в лампах с галогенным циклом. Это обеспечивает на 50–60% большую световую отдачу лампы. Колба галогенной лампы также заполняется инертным газом (аргон, ксенон, криптон и др.) и дополнительно – небольшим количеством паров йода или брома. В лампах с йодным циклом частицы вольфрама, осевшие на стенках колбы после испарения нити накала, соединяются с парами йода и образуют йодистый вольфрам. При температуре колбы из жаростойкого кварцевого стекла 600–700°C йодистый вольфрам испаряется, диффундирует в зону высокой температуры вокруг нити накала и распадается на вольфрам и йод. Вольфрам оседает обратно на нить, а пары йода остаются в газовом пространстве колбы, участвуя в дальнейшей реализации йодистого цикла.

Галогенные лампы отличаются от обычных ламп накаливания меньшими размерами колбы, повышенной яркостью нити накаливания. Так как вольфрам не оседает на поверхности колбы, она остается прозрачной в течение всего срока службы лампы. Галогенный цикл дает положительный эффект лишь при точной дозировке йода или брома. Это создает определенные технологические трудности при изготовлении галогенных ламп. Практически использование галогенов не дает существенного увеличения срока службы лампы, так как вольфрам испаряется и оседает на поверхности спирали неравномерно, что неизбежно приводит к уменьшению ее толщины на отдельных участках и перегоранию.

Галогенная лампа представляет собой малогабаритную цилиндрическую колбу из кварцевого стекла, внутри которой располагается тело накала. Выводы выполняются из молибдена, коэффициент расширения которого близок к коэффициенту расширения кварца.

Двухнитевая галогенная лампа категории Н4 устанавливается в фарах головного освещения. Специальный цоколь Р43t/38 исключает установку лампы в не предназначенный для нее оптический элемент. Нити дальнего и ближнего света лампы категории Н4 имеют форму цилиндров и расположены вдоль оптической оси.

Однонитевые галогенные лампы категорий Н1, Н2 и Н3 применяются в противотуманных фарах, фарах–прожекторах и фарах рабочего освещения. Кро-

ме того, они могут быть использованы в четырехфарных системах головного освещения.

Сила тока, потребляемого лампой от источника электроэнергии, световой поток и световая отдача зависят от напряжения. Отечественная промышленность выпускает лампы с номинальным напряжением 6, 12 и 24 В. Расчетное напряжение ламп выше и составляет соответственно 6,3–6,75, 12,6–13,5 и 28 В. При повышении напряжения относительно расчетного значения увеличиваются сила тока, температура спирали, световой поток и световая отдача, но резко сокращается срок службы лампы. При понижении напряжения нить накала нагревается меньше, поэтому световой поток и световая отдача уменьшаются. При снижении напряжения на 50–60% лампа практически не излучает света.

Для повышения уровня унификации, стандартизации и сокращения номенклатуры световых приборов автомобилей различного целевого назначения выпускают взаимозаменяемые лампы, независимо от их номинального напряжения. Характеристики световых приборов обычно нормируют при установке в них ламп, рассчитанных на номинальное напряжение 12 В. При других номинальных напряжениях требуемые характеристики тех же световых приборов обеспечиваются за счет соответствующих изменений в конструкции лампы.

Напряжение питания ламп накаливания на автомобиле зависит от настройки регулятора напряжения, состояния источников электроэнергии и цепей питания световых приборов, от количества включенных потребителей, сечения и протяженности соединительных проводов. Лампы должны выдерживать возможные в системе электрооборудования автомобиля колебания напряжения. Автомобильные лампы работают в условиях вибрации и тряски, поэтому они должны быть механически прочными. Крепление колбы к цоколю должно выдерживать усилие, прилагаемое к лампе, когда она вставляется в патрон или вынимается из него. Лампы должны надежно удерживаться в патронах при значительных вибрациях, характерных для эксплуатации автомобиля. Снижение вибрационных нагрузок на нить накала и устройство для закрепления лампы в патроне достигается за счет эластичной подвески патрона или светового прибора на автомобиле.

Лампы накаливания отличаются по назначению, конструкции, по электрическим и светотехническим параметрам (табл. 8.2). Отечественные автомобильные лампы имеют обозначение типа (например, А 12–45+40), в которое входит буква А (автомобильная), указание на величину номинального напряжения (6, 12 или 24 В) и потребляемую мощность в Вт нитей накаливания дальнего и ближнего света. Значения мощности двухнитевых ламп пишутся одно за другим через знак «+». К перечисленным составляющим обозначения типа лампы может быть через знак «-» добавлена цифра для указания модификации типа. В обозначении типа галогенных ламп (например, АКГ 12–60+55) дополнительно введены буквы К (кварцевая) и Г (галогенная). Буквенные обозначения МН и С относятся к миниатюрным и софитным лампам соответственно.

Для фар головного освещения с европейской системой светораспределения выпускается единая двухнитевая лампа со специальным унифицированным фланцевым цоколем типа Р45t/41 (см. рис. 8.3, а). Фланец ступенчатой формы напаян на цоколь диаметром 22 мм. Наличие двух базовых опорных поверхностей фланца позволяет применять лампу в оптических элементах фар с фокус-

ными расстояниями 27 и 22 мм (рис. 8.4). Лампа имеет три штекерных вывода под контактную колодку, вставляется в оптический элемент с задней стороны отражателя и закрепляется пружинящими защелками.

Отечественная промышленность выпускает двухнитевые галогенные лампы АКГ 12–60+55 и АКГ 24–75+70 (категория Н4) для головных фар с европейским светораспределением и однопроводные лампы АКГ 12–55, АКГ 24–70 (категория Н1) и АКГ 12–55–1, АКГ 24–70–1 (категория Н3) для прожекторов и противотуманных фар.

Светосигнальные фонари обеспечивают необходимые светотехнические характеристики при силе света от единиц до 700 кд. Номинальная мощность ламп светосигнальных фонарей не превышает 21 Вт: Для сигналов торможения и указателей поворота выпускают лампы А 12–21–3 и А 24–21–2 с штифтовым цоколем ВА15s/19. Двухнитевая лампа А 12–21+5 с цоколем ВАУ15d предназначена для фонарей, совмещающих функции габаритного огня и сигнала торможения. В габаритные фонари устанавливают однопроводные лампы А 12–5–2 и А 24–5–2 с цоколем W2,1×9,5d. Выпускают также софитные лампы АС 12–5–1 с цоколем SV8,5/8, а для освещения приборов, блоков контрольных ламп и световых ламп и световых табло – лампы А 12–1, А 24–1, А 12–1,2, А 24–2, АМН 12–3–1 и АМН 24–3. Миниатюрный цоколь ВА9s/14 имеют однопроводные лампы А 12–4–1 и АМН 24–4.

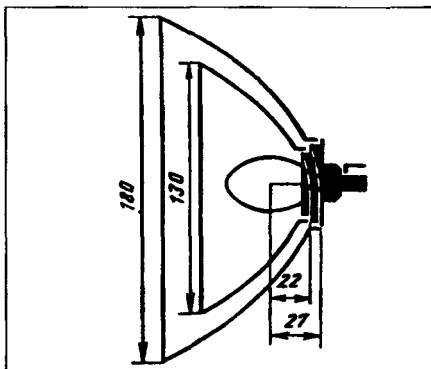


Рис. 8.4. Размещение лампы накаливания категории R2 в отражателе с различными фокусными расстояниями

## 8.4. Фары головного освещения. Блок-фары. Прожекторы

### Фары головного освещения

В темное время суток при высоких скоростях движения необходимо освещать дорогу и обочину перед автомобилем на расстоянии 50–250 м. Это позволяет водителю своевременно оценивать дорожную обстановку и избегать столкновений с препятствиями. Для освещения дороги на автомобилях и другие транспортные средства устанавливают фары и прожекторы. Распределение света фары на дороге зависит от конструкции оптического элемента и установленной в нем лампы.

Световой пучок фары может быть сформирован прожекторным или проекторным методом. Наиболее распространенный прожекторный метод обеспечивает концентрацию светового потока источника тока отражателем и его перераспределение в соответствии с заданным режимом освещения рассеивателем. Для концентрации светового пучка при таком методе формирования используется па-

**Таблица 8.2. Электрические и светотехнические параметры автомобильных ламп накаливания**

| Обозначение лампы |                    | Мощность,<br>Вт | Световой<br>поток, лм | Средняя<br>продолжитель-<br>ность горения, ч | Тип<br>цоколя |
|-------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------|---------------|
| по ГОСТ 2023-75*  | Междуна-<br>родное |                 |                       |                                              |               |
| A 12-45+40        | R2                 | 45/40*          | 740/450*              | 100/200*                                     | P45t/41       |
| A 24-55+50        | R2                 | 55/50           | 700/450               | 75/150                                       | P45t/41       |
| AKГ 12-55-2       | H1                 | 55              | 1550                  | 150                                          | P14,5s        |
| AKГ 24-70-2       | H1                 | 70              | 1900                  | 150                                          | P14,5s        |
| AKГ 12-55-1       | H3                 | 55              | 1450                  | 150                                          | P22s          |
| AKГ 24-70-1       | H3                 | 70              | 1750                  | 150                                          | P22s          |
| AKГ 12-60+55      | H4                 | 60/55           | 1650/1000             | 100/200                                      | P43t/38       |
| AKГ 24-75+70      | H4                 | 75/70           | 1900/1200             | 100/200                                      | P43t/38       |
| A 12-21-3         | P21W               | 25              | 529                   | 100                                          | BA12s/19      |
| A 24-21-3         | P21W               | 28              | 529                   | 100                                          | BA12s/19      |
| A 12-21+5         | P21/5W             | 25/6            | 506                   | 100/1000                                     | BAY15d        |
| A 24-21+5         | P21/5W             | 28              | 440/35                | 100/1000                                     | BAY15d        |
| A 12-4-1          | T4W                | 4               | 35                    | 200                                          | BA9s/14       |
| AMH 24-4          | T4W                | 5               | 35                    | 200                                          | BA9s/14       |
| A 12-3-1          | W3W                | 3               | 22                    | 200                                          | W2,1x9,5d     |
| A 12-5-2          | W5W                | 5               | 50                    | 200                                          | W2,1x9,5d     |
| A 24-5-2          | W5W                | 7               | 50                    | 200                                          | W2,1x9,5d     |
| A 12-5-1          | C5W                | 10              | 45                    | 200                                          | SV8,5/8       |
| A 24-5-1          | C5W                | 10              | 45                    | 200                                          | SV8,5/8       |

\* – двухнитевые лампы.

рабочий отражатель с круглым или прямоугольным (усеченным) отверстием.

В качестве преломляющих элементов используются цилиндрические, сферические и эллипсоидные линзы, призмы и линзы-призмы. В зависимости от преломляющей структуры рассеивателя добиваются как изменения формы светового пучка, так и силы света в различных направлениях светораспределения.

Формирование необходимой структуры светового пучка обеспечивается также изменением положения тела накала относительно фокальной точки отражателя.

Отраженные от параболоида лучи идут узким пучком параллельно оптической оси, если в фокусе  $F$  (рис. 8.5) отражателя помещен точечный источник света. Нить накала лампы имеет конечные размеры. Технологически невозможно обеспечить точную геометрическую форму параболоида отражателя и у него вместо фокуса имеет место место фокальная область. Поэтому в фарах отраженные лучи представляют собой слабо расходящийся пучок света.

Световой поток источника света распространяется в пределах телесного угла  $4\pi$ . На отражатель падает световой поток, расходящийся в телесном угле  $\omega_1$ , которому соответствует плоский угол охвата  $2\varphi$ . После отражения этот поток собирается в малом телесном угле  $\omega_2$ , при сечении которого меридиональной

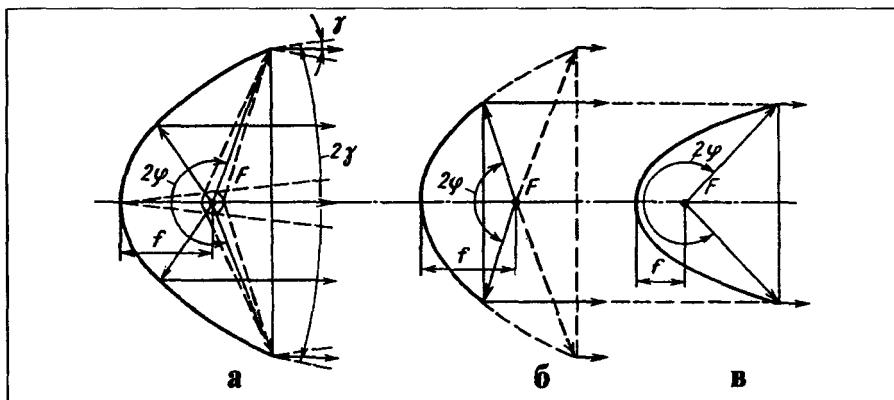


**Рис. 8.5. Параметры параболоидного отражателя:**

*а* – распределение светового потока при расположении тела накала в фокусе; *б* – мелкая фара; *в* – глубокая фара

плоскостью получают плоский угол излучения  $2\gamma$ . Даже при некотором уменьшении отраженного светового потока из-за потерь на поглощение света концентрация пучка отраженных лучей в малом телесном угле  $\omega_2$  позволяет во много раз увеличить силу света в нем по сравнению с силой света нити накала лампы.

Параболоидные отражатели автомобильных фар увеличивают силу света лампы в нужном направлении в 200–400 раз и тем самым обеспечивают необходимую освещенность дороги на значительно больших расстояниях. Так, лампа силой света свыше 50 кд без отражателя дает освещенность в 1 лк на расстоянии около 7 м. При наличии отражателя сила света в центре светового отверстия фары возрастает до 10000–40000 кд и освещенность в 1 лк достигается на расстоянии  $l=100\text{--}200$  м. При расчете освещенности дальних участков дороги принимают во внимание только пучок отраженных лучей. Часть светового потока источника, которая проходит мимо отражателя через световое отверстие в пределах телесного угла  $4\pi - \omega_1$ , сильно расходящимся пучком, освещает лишь близлежащие участки дороги в пределах 5–10 м. Эта часть светового потока называется непреобразованной и обычно экранируется (дополнительный экран в фаре или чернение вершины колбы лампы Н4), так как из-за большого угла рассеяния она ухудшает видимость при движении в тумане или в дождливую погоду.

Полезная часть светового потока будет больше при увеличении угла  $2\varphi$ . Угол охвата можно увеличить за счет уменьшения фокусного расстояния  $f$  при неизменном диаметре светового отверстия или, оставляя неизменным фокусное расстояние, увеличением диаметра светового отверстия. Глубокий параболоид с малым фокусным расстоянием изготавливать сложнее. При небольшом фокусном расстоянии сильнее нарушается требуемое распределение света в отраженном световом потоке вследствие меньшей точности геометрической формы штампованного отражателя. Возможности увеличения диаметра светового отверстия ограничены условиями размещения фары на автомобиле. Обычно угол

охвата отражателей автомобильных фар не превышает  $240^\circ$ . Мелкие отражатели с большим фокусным расстоянием применяют в прожекторах, так как они создают остронаправленный световой пучок с незначительным рассеиванием.

Поверхность отражателей, штампуемых из стали, покрывают слоем лака (для создания более гладкой поверхности) и алюминировуют. Коэффициент отражения алюминиевого покрытия достигает 0,9. Качество отражающего слоя, так же как и точность геометрической формы отражателя, существенно влияет на характеристики светораспределения фары.

Отражатели в оптических элементах автомобильных фар и прожекторов предохраняют от воздействия окружающей среды защитными стеклами. В фарах головного освещения защитные стекла-рассеиватели осуществляют вторичное распределение светового потока в вертикальной и горизонтальной плоскостях, обеспечивая требуемый уровень освещенности на различных участках дорожного полотна. При изготовлении в пресс-формах на внутренней поверхности рассеивателя формируют линзы и призмы. Вертикальные цилиндрические линзы рассеивают световой пучок в стороны. Сила света, максимальная вдоль оптической оси фары, постепенно уменьшается при отклонении от оптической оси в горизонтальной плоскости и резко падает при отклонении луча вверх или вниз. Двойной угол рассеивания, в котором сила света снижается до 8–10% от максимального значения (световой пучок максимальной концентрации), составляет  $18\text{--}24^\circ$  в горизонтальной и  $5\text{--}9^\circ$  в вертикальной плоскостях. Сферические линзы позволяют получить световой пучок, одинаково рассеянный в обеих плоскостях. При эллипсоидных линзах получают различные углы рассеивания светового пучка во взаимно перпендикулярных плоскостях. В случае использования призм добиваются изменения распространения части светового потока в результате соответствующей ориентации ее преломляющей грани.

Автомобильные фары должны удовлетворять двум противоречивым требованиям: хорошо освещать дорогу перед автомобилем и не ослеплять водителей транспортных средств при встречном разъезде. Ослепление светом фар водителей встречных автомобилей является серьезной проблемой, непосредственно связанной с обеспечением безопасности движения. В настоящее время она частично решается применением двухрежимных систем головного освещения с дальним и ближним светом.

Дальний свет фар предназначен для освещения дорожного полотна перед автомобилем при отсутствии встречного транспорта. Ближний свет обеспечивает освещение дороги перед автомобилем при движении в населенных пунктах или при разъезде со встречным транспортным средством на шоссе. Ближний свет значительно снижает ослепление участников дорожного движения при достаточном уровне освещенности дороги и правой стороны обочины. Фары головного освещения должны обеспечивать необходимую видимость дороги и объектов на ней при дальнем и ближнем свете. Переключение с дальнего света на ближний при встречном разъезде должно осуществляться водителями обоих транспортных средств одновременно при расстоянии между машинами не менее 150 м.

Для получения дальнего и ближнего света в двухфарных системах освещения используют двухнитевые лампы накаливания. Современные автомобили оборудуют фарами головного освещения с т.н. американской и европейской системами

асимметричного светораспределения ближнего света. Асимметричный световой пучок обеспечивает лучшую освещенность той стороны дороги, по которой движется автомобиль, и уменьшает ослепление водителей встречного транспорта.

В лампах фар с американской и европейской системами светораспределения нить накала дальнего света располагают в фокусе отражателя. Световой пучок дальнего света с малым углом рассеивания может быть получен при минимальных размерах спирали, выполняемой в виде дуги, лежащей в горизонтальной плоскости. Большие линейные размеры нити дальнего света по горизонтали обуславливают большее рассеивание светового пучка в горизонтальной плоскости.

В фарах с американской системой светораспределения нить 2 ближнего света (рис. 8.6, а) в виде спирали цилиндрической формы смещена несколько вверх и вправо относительно фокуса, если смотреть на отражатель со стороны светового отверстия. Спираль ближнего света расположена поперек оптической оси.

Если источник света выведен из фокуса, отраженный параболоидом пучок света отклоняется от оптической оси. При этом пучок света разделяется на две части. Одна часть светового пучка, попадающая на внутреннюю поверхность отражателя от вершины до фокальной плоскости *AA*, отражается вправо и вниз относительно оптической оси. Остальная часть светового пучка, отражаемая от внешней части параболоида между фокальной плоскостью *AA* и плоскостью светового отверстия *BB*, направлена влево и вверх и попадает в глаза водителя встречного автомобиля.

Световой пучок фар ближнего света с американской системой распределения не имеет четкой светотеневой границы. Увеличение угла рассеивания отраженного светового пучка требует дополнительного светораспределения рассеивателем со сложной структурой оптических микроэлементов. Для уменьшения светового потока лучей, направленных вверх и влево от оптической оси, применяют отражатели с меньшей глубиной. Светораспределение фар амери-

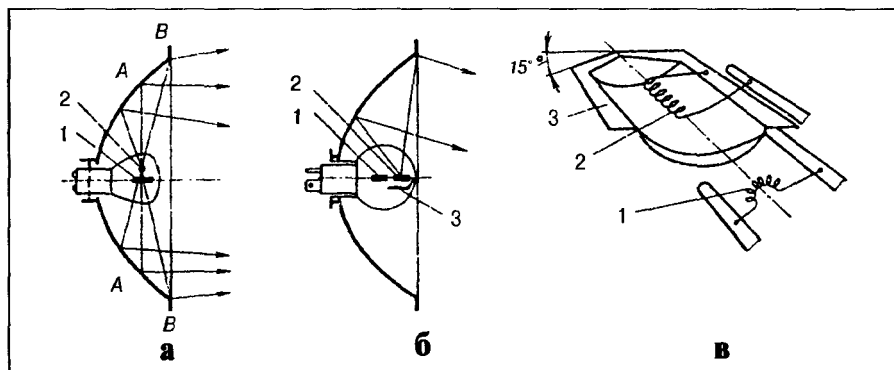


**Рис. 8.6. Автомобильные фары с различными системами распределения ближнего света:**  
 а – американская система; б – европейская система; в – расположение экрана под нитью ближнего света; 1 – нить дальнего света; 2 – нить ближнего света; 3 – экран



канской системы регламентируется силой света в контрольных точках измерительного экрана.

В фарах с европейской системой светораспределения нить 2 ближнего света (рис. 8.6, б) цилиндрической формы выдвинута вперед по отношению к нити 1 дальнего света и расположена чуть выше и параллельно оптической оси. Лучи от нити ближнего света, попадающие на верхнюю половину отражателя, отражаются вниз и освещают близлежащие участки дороги перед автомобилем. Не-прозрачный экран 3, расположенный под нитью 2 ближнего света, исключает попадание световых лучей на нижнюю половину отражателя, поэтому глаза водителя встречного транспортного средства находятся в теневой зоне. Одна сторона экрана 3 отогнута вниз на угол  $15^\circ$

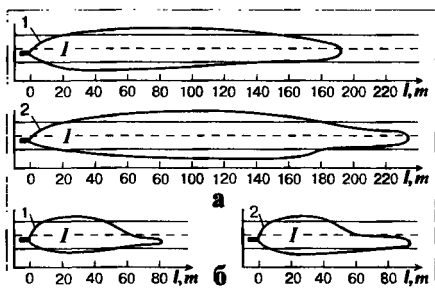


**Рис. 8.7. Схемы световых пятен на дороге при освещении фарой с европейской системой светораспределения:**

а – дальний свет; б – ближний свет; 1 – с обычной лампой накаливания категории R2; 2 – с галогенной лампой категории H4; I – осевая линия дороги

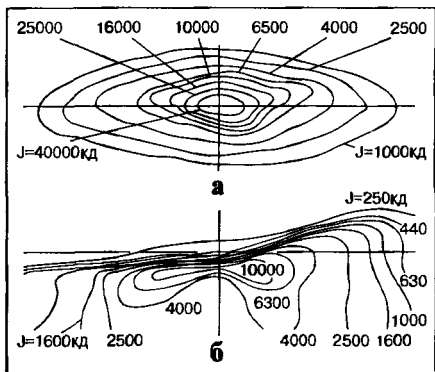


**Рис. 8.8. Светораспределение фар европейской системы:**

а – дальний свет; б – ближний свет

сторона экрана 3 отогнута вниз на угол  $15^\circ$  (рис. 8.6, в), что позволяет увеличить площадь активной поверхности левой половины отражателя и освещенность правой обочины и правой полосы движения автомобиля (рис. 8.7).

Световой пучок фар с европейской системой светораспределения при их работе в режиме ближнего света имеет четко выраженную светотеневую границу (рис. 8.8), что обеспечивает четкое разделение на освещенную зону и зону неслепящего действия. Фары европейской системы, предназначенные для правостороннего движения, при освещении ближним светом вертикального экрана должны создавать на нем светотеневую границу, имеющую с левой стороны горизонтальный участок, а с правой – участок, направленный под углом  $15^\circ$  к горизонтали.

Рассеиватель фары европейской системы меньше влияет на организацию светораспределения по сравнению с фарой американской системы. Большая часть нижней половины рассеивателя при ближнем свете не используется и рассчитана на распределение дальнего света, что улучшает характеристики фары в режиме дальнего света.

Распределение ближнего света фар европейской системы регламентируется освещенностью в контрольных точках и зонах специального экрана (рис. 8.9, а). Экран предназначен для лабораторной проверки фар на соответ-



Вертикальная линия  $VV$  на экране соответствует оси, а линии  $OG$  и  $OG$  – краям правой полосы дороги, по которой движется автомобиль. Фактически линия  $OG$  является осью дорожного полотна. Линия  $OE$  приблизительно соответствует траектории глаз водителя встречного автомобиля. Линии  $OF$  и  $OF^*$  являются соответственно внешним краем и осевой линией левой полосы дороги. Контрольная точка  $B50L$  находится на уровне глаз водителя встречного автомобиля, когда расстояние между автомобилями равно 50 м. Точки  $50R$  и  $75R$  характеризуют освещенность правого края правой полосы дороги соответственно на расстояниях около 50 и 75 м.

Опасная в отношении ослепления зона  $III$  расположена выше светотеневой границы  $HOD$ . Для нее установлен очень низкий уровень допустимой освещенности. Для зоны  $IV$ , отражающей видимость дорожного полотна, установлена минимальная освещенность. В зоне  $II$  освещенность должна быть наивысшей. Зона  $I$  соответствует участку дороги на расстоянии до 25 м перед автомобилем. Чтобы избежать излишней яркости ближнего к автомобилю участка дороги и чрезмерного контраста с более удаленными участками, для зоны  $I$  нормируют максимально допустимый уровень освещенности. Для оптических элементов с галогенными лампами введены дополнительные контрольные точки экрана  $B75L$ ,  $50L$  и  $50V$ . Нормы освещенности экрана в контрольных точках и зонах экрана для фар с галогенными лампами выше.

Фару, подвергаемую контрольной проверке, располагают на расстоянии 25 м от вертикального экрана. Фара должна быть установлена таким образом, чтобы левая горизонтальная часть светотеневой границы на экране находилась на расстоянии 250 мм ниже горизонтальной плоскости, проходящей через фокус отражателя фары (на 250 мм ниже нормали  $HN$  экрана). Направление лучей фары регулируется поворотом ее в вертикальной и горизонтальной плоскостях до тех пор, пока левая горизонтальная часть светотеневой границы не совпадет с нормалью  $HN$  экрана, а точка перелома этой границы – с точкой  $O$ . Правая наклонная часть светотеневой границы должна совпадать с линией  $OD$ , проведенной из точки  $O$  под углом  $15^\circ$  к нормали  $HN$  экрана.

Освещенность измеряют люксметром, состоящим из измерителя и отдельного фотозлемента с насадками, помещая его в контрольных точках и зонах экрана. Измерение можно проводить, оставляя фотозлемент неподвижным в точке  $O$  и поворачивая фару в горизонтальной и вертикальной плоскостях на углы, соответствующие координатам контрольных точек.

Для проверки светораспределения дальнего света фар измеряют освещенность в пяти точках экрана (рис. 8.9, б), расположенных на нормали  $HN$ , соответствующей горизонтальной плоскости, проходящей через фокус фары. Дальний свет контролируют после проверки ближнего света, оставляя фары в том же положении, что и при проверке ближнего света. Нормы освещенности в контрольных точках экрана (на расстоянии 25 м от фары) в соответствии с Правилами ЕЭК ООН приведены в табл. 8.4.

Поворотом фары на небольшие углы в вертикальной и горизонтальной плоскостях на экране отыскивают точку с максимальной освещенностью  $E_{max}$  и измеряют эту освещенность. На экране показано приблизительное расположение изолюкс, соответствующее Правилам 1 и 5 ЕЭК ООН.

Фары европейской системы имеют более рациональное светораспределение.

**Таблица 8.4. Нормы освещенности в контрольных точках экрана для дальнего света фар**

| Наименование        | Освещенность, лк, в соответствии с Правилами ЕЭК ООН |                     |
|---------------------|------------------------------------------------------|---------------------|
|                     | 1 и 5                                                | 8, 20 и 31          |
| Предельные значения | 32 (не ниже)                                         | 48 –240             |
| Контрольные точки:  |                                                      |                     |
| О, не менее         | 0,9E <sub>max</sub>                                  | 0,8E <sub>max</sub> |
| А и А*, не менее    | 16                                                   | 24                  |
| В и В*              | 4                                                    | 6                   |

Сила света лучей, идущих выше оптической оси, у фар с американской системой выше. Для точки *B50L* и зоны *III* контрольного экрана она составляет 800 и 1500 кд, тогда как для фар европейской системы – соответственно 200 и 440 кд. Следовательно, ослепляющее действие фар американской системы больше. В то же время освещенность дороги фарой американской системы при переключении с дальнего света на ближний меняется меньше. Фара европейской системы по сравнению с фарой американской системы лучше освещает правую полосу дороги и обочину. Однако при движении автомобиля по неровной дороге колебания светотеневой границы приводят к быстрому утомлению зрения водителя. Фары с американской системой светораспределения с размытым световым пучком ближнего света менее чувствительны к неровностям дороги.

Обе системы обеспечивают безопасный встречный разъезд автомобилей только на прямой ровной дороге при условии правильной регулировки оптических элементов и своевременного переключения дальнего света на ближний.

На автомобилях устанавливают две или четыре фары дальнего света и две фары ближнего света. Свет фар должен быть белым. Допускается установка фар светло-желтого селективного света. При четырехфарной системе головного освещения внешний край светового отверстия фар дальнего света должен быть расположен дальше от плоскости бокового габарита, чем внешний край светового отверстия фар ближнего света. В двухфарной системе дальний и ближний свет совмещены в одной фаре с двухнитевой лампой. Расстояние между внутренними кромками световых отверстий фар ближнего света должно быть не менее 600 мм, от внешней кромки фары ближнего света до плоскости бокового габарита – не более 400 мм, высота установки фар по верхней кромке – не более 1200 мм, а по нижней – не менее 500 мм.

В двухфарных системах головного освещения применяют круглые и прямоугольные оптические элементы. Каждая фара обеспечивает дальний и ближний свет. В четырехфарных системах используют круглые оптические элементы диаметром 136 мм. Две внутренние фары создают дальний свет. Другие две фары, расположенные ближе к плоскостям бокового габарита автомобиля, имеют двухнитевые лампы и обеспечивают ближний свет при встречном разъезде транспорта. При отсутствии встречных автомобилей включают все четыре фары, чем достигается лучшая освещенность полотна дороги. Рациональное рас-

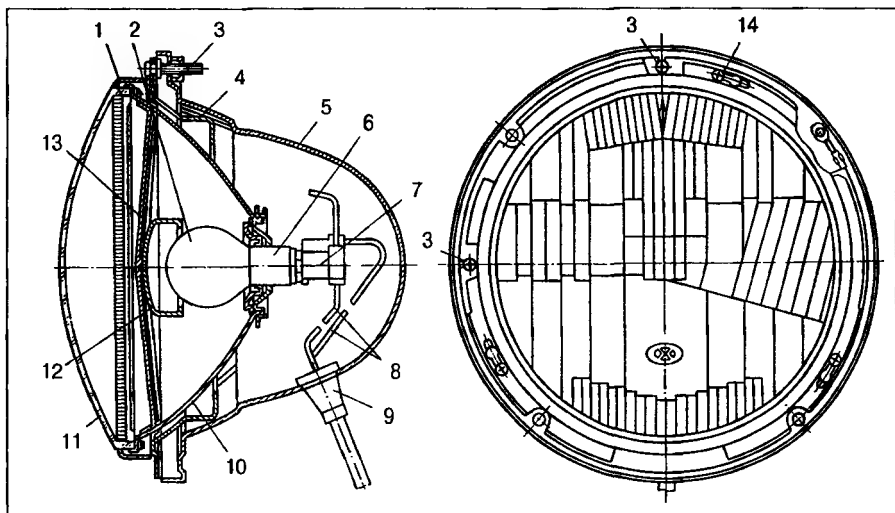


**Рис. 8.10. Автомобильная фара ФГ140:**

1 – внутренний ободок; 2 – лампа; 3 – регулировочный винт; 4 – опорное кольцо; 5 – корпус; 6 – цоколь лампы; 7 – соединительная колодка; 8 – провода; 9 – держатель проводов; 10 – отражатель; 11 – рассеиватель; 12 – экран; 13 – держатель экрана; 14 – винт крепления ободка

пределение ближнего и дальнего света по отдельным фарам позволяет рассчитывать их оптические системы на определенные режимы работы.

**Круглые фары.** Наибольшее распространение в нашей стране ранее имели круглые фары ФГ140 с европейской системой светораспределения (рис. 8.10). На ребра внутренней части корпуса 5 установлено опорное кольцо 4 оптического элемента. Кольцо прижимается к корпусу пружиной. По периферии опорного кольца предусмотрены пазы, в которые входят головки регулировочных винтов 3. Винты вворачивают в гайки, закрепленные на корпусе, обеспечивая необходимую регулировку направления светового пучка фары в горизонтальной и вертикальной плоскостях в пределах угла  $\pm 4^\circ 30'$ .

Одна из сторон опорного кольца служит привалочной плоскостью для оптического элемента, который крепят к кольцу тремя винтами 14 с помощью внутреннего ободка 1. Для фиксации оптического элемента в определенном положении кольцо имеет три несимметрично расположенных окна.

Металлостеклянный оптический элемент объединяет параболический отражатель 10 с фокусным расстоянием 27 мм, рассеиватель 11, приклеенный к отражателю, и лампу 2. Отражатель изготавливают из стальной ленты. Алюминированная отражающая поверхность для предотвращения окисления, повышения стойкости к воздействию влаги и механическим повреждениям покрыта тонким слоем специального лака.

В оптический элемент фары ФГ140 со стороны вершины параболического отражателя устанавливают двухнитевую лампу с унифицированным фланцевым

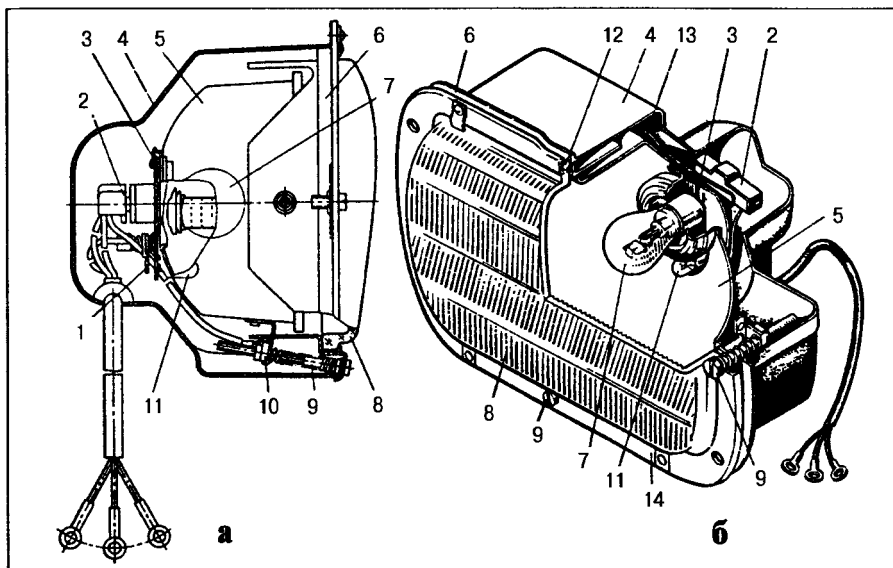


**Рис. 8.11. Прямоугольная фара:**

а – устройство; б – внешний вид; 1 – контактная пластина; 2 – соединительная колодка; 3 – металлическая пластина; 4 – пластмассовый кожух; 5 – отражатель; 6 – корпус; 7 – двухнитевая лампа; 8 – рассеиватель; 9 – винт, 10 – пластмассовая гайка; 11 – лампа габаритного света; 12 – уплотнительная прокладка; 13 – пружинная защелка; 14 – ободок

цоколем 6 (Р45t/41). Выводы лампы выполнены в виде прямоугольных штекерных пластин, на которые надевают соединительную колодку 7 с проводами 8 и держателем проводов 9. В оптический элемент фары устанавливают также лампы габаритного и стояночного света. Экран 12, перекрывающий выход прямых лучей лампы накаливания, крепят к отражателю заклепками с помощью держателя 13.

Прямоугольные фары имеют параболический отражатель, ограниченный снизу и сверху горизонтальными плоскостями. Благодаря увеличению ширины светового отверстия в горизонтальной плоскости обеспечивается лучшее освещение дороги на большом расстоянии.

Рассеиватель 8 (рис. 8.11) прямоугольной фары соединяют по фланцу со штампованным корпусом 6 с помощью прокладки 12 или самотвердеющей поливинилхлоридной массы (неразъемное соединение). Корпус 6 крепится к пластмассовому кожуху 4 винтами. Винты 9 с пластмассовыми гайками 10 обеспечивают регулировку направления светового пучка фары на автомобиле. В отражателе 5 с помощью пластины 3 закреплена фланцевая двухнитевая лампа 7 типа А 12–45+40. В верхней части пластины 3 расположена пружинная защелка 13, которая прижимает фланец цоколя лампы. На штекеры лампы надевается соединительная колодка 2 проводов.

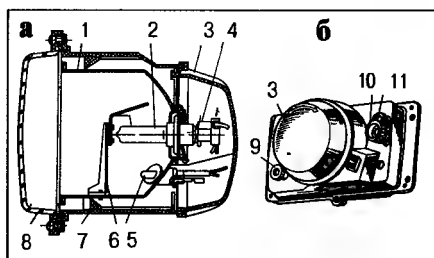


**Рис. 8.12. Прямоугольная фара с галогенной лампой:**

*а* — устройство; *б* — расположение ручек регулировки; 1 — отражатель; 2 — галогенная лампа; 3 — крышка; 4 — соединительная колодка; 5 — лампа габаритного света; 6 — экран; 7 — корпус; 8 — рассеиватель; 9 — ручка регулировки в горизонтальной плоскости; 10 — ручка корректора; 11 — ручка регулировки в вертикальной плоскости

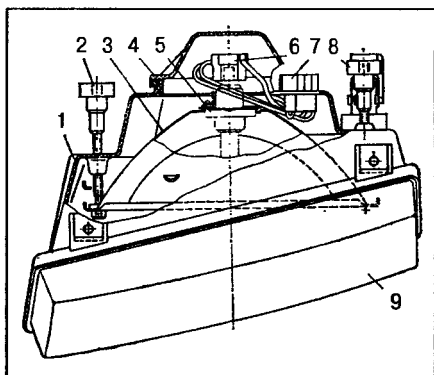


**Рис. 8.13. Прямоугольная фара автомобиля «Москвич»-2141:**

1 — корпус; 2 — винт регулировки светового пучка в горизонтальной плоскости; 3 — отражатель; 4 — защитный колпак; 5 — лампа головного света; 6 — соединительная колодка жгута проводов; 7 — соединительная колодка; 8 — винт регулировки светового пучка в вертикальной плоскости; 9 — рассеиватель

Дополнительную лампу 11 габаритного света типа А 12—4 крепят в патроне пластины 3 с помощью пластинчатой пружины. Провод, идущий к лампе габаритного света, зафиксирован подпружиненным зажимом на контактной пластине 1.

В прямоугольной фаре 34.3711 автомобиля ГАЗ-3102 «Волга» устанавливают галогенную лампу 2 типа АКГ 12—60+55 — ХЛ2 (рис. 8.12) и лампу 5 габаритного света. Фара имеет устройство для корректировки наклона светового пучка в зависимости от нагрузки. Ручку 10 корректора устанавливают в два положения, соответствующие полной нагрузке и ненагруженному состоянию автомобиля. Для замены лампы снимают крышку 3. Регулировка светораспределения фар в горизонтальной и вертикальной плоскостях осуществляется ручками 9 и 11. Доступ к регулировочным ручкам предусмотрен со стороны подкапотного пространства автомобиля.

Автомобиль «Москвич»-2141 имеет две прямоугольные фары 8704.46 *L*<sub>1</sub> (левая) и 8704.46 *R*<sub>2</sub> (правая) с галогенными лампами категории Н4 и лампами габаритного света Т8/4. Световой пучок фары можно регулировать поворотом отражателя 3 (рис. 8.13) в вертикальной и горизонтальной плоскостях при помощи винтов 2 и 8. Конструкция фары позволяет изменять наклон (вниз) светового пучка фары в зависимости от нагрузки автомобиля. При полной нагрузке автомобиля дополнительный винт корректора на корпусе 1 фары следует повернуть до упора вправо. Гидрокорректор позволяет изменять наклон фары с места водителя. Он состоит из заполненных

незамораживающей при низкой температуре жидкостью рабочего и исполнительных цилиндров и соединительных трубок. Рабочий цилиндр установлен на па-

нели приборов, а исполнительные цилиндры – на фарах.

**Гомофокальные фары.** Для улучшения аэродинамических качеств передняя часть автомобиля должна иметь меньшую высоту и срезанные углы на виде сбоку и в плане. Для таких автомобилей необходимы фары малой высоты и большой ширины с увеличенной шириной луча для ближнего света, что позволяет применять рассеиватели с большим углом наклона в двух плоскостях. Кроме того, фары должны занимать как можно меньше места в подкапотном пространстве.

Достигнуть требуемых светотехнических характеристик при приемлемых соотношениях ширины, высоты и глубины фары позволяет принцип гомофокальности, т.е. объединения нескольких усеченных параболических элементов с различным фокусным расстоянием (например 20 и 40 мм) при совмещенных положениях их фокусов. Необходимый эффект достигается благодаря тому, что излучение от расфокусированного источника тела накала при ближнем свете происходит у различных участков отражателя по-разному. Это зависит от их фокусного расстояния (рис. 8.14).

Гомофокальный отражатель (рис. 8.15) комплектуется из отдельных секторов разнофокусных отражателей таким образом, чтобы обеспечить формирование светораспределения дальнего и ближнего света при оптимальных размерах и оптимальной преломляющей структуре рассеивателя. Требуемое светораспределение в режимах как ближнего, так и дальнего света практически обеспечивается только отражателем.

Отражатели сложного профиля для гомофокальных фар изготавливают из пластмасс с высокой термостойкостью, обеспечивающей работу фары с галогенными лампами. Устройство гомофокальной фары показано на рис. 8.16. Сравнение двух светооптических систем по относительным размерам отражателей дано на рис. 8.17. Соединение в одном узле определенных участков отражателей го-

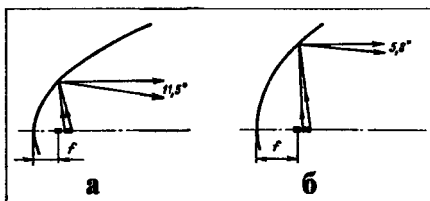


**Рис. 8.14. Отражение света, излучаемого телом накала отражателями с различными фокусными расстояниями:**

*a –  $f=20$  мм; б –  $f=40$  мм*

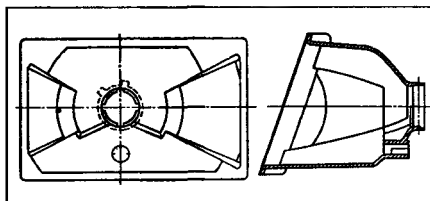


**Рис. 8.15. Конструктивная схема гомофокального отражателя двухрежимной фары**

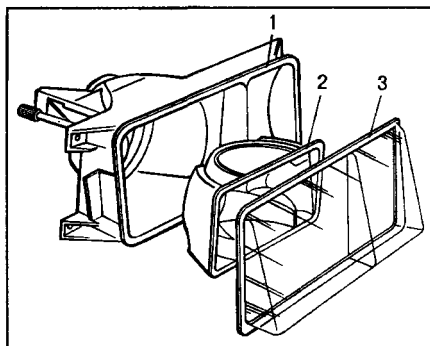


**Рис. 8.16. Элементы гомофокальной фары:**

*1 – корпус; 2 – отражатель; 3 – рассеиватель*



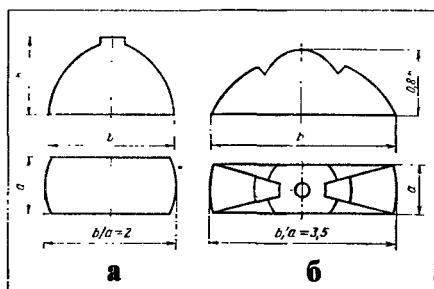


**Рис. 8.17. Относительные размеры отражателей:**

а – традиционных; б – гомофокальных

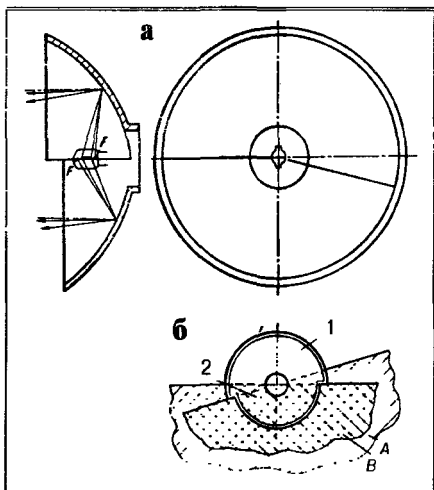


**Рис. 8.18. Бифокальный отражатель фары ближнего света:**

а – конструктивная схема; б – зоны светораспределения; 1, 2 – соответственно верхняя и нижняя части отражателя; А, В – зоны светораспределения, образованные соответственно верхней и нижней частями отражателя

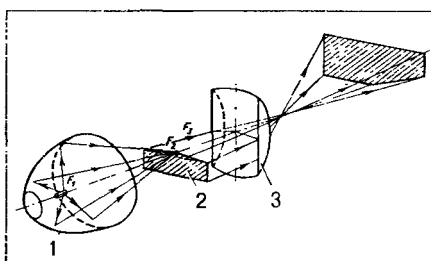


**Рис. 8.19. Формирование светового пучка проекторной системой с эллипсоидным отражателем:**

1 – отражатель; 2 – экран; 3 – линза

мофокальных фар позволило уменьшить глубину  $h$  внедрения фары в подкапотное пространство и увеличить отношение ширины фары  $b$  к ее высоте  $a$ .

**Бифокальные фары.** В четырехфарных системах с отдельными режимами освещения используются фары с бифокальным отражателем (рис. 8.18) ближнего света со смешанной светотехнической схемой. Отражатель такой фары состоит из двух частей с положением фокальных точек по разные стороны от тела накала источника света и границей раздела между частями отражателя. Граница раздела зеркально соответствует форме, создаваемой светотеневой границей асимметричного светораспределения ближнего света. Рассеиватели приборов систем освещения с разделенными режимами имеют относительно простую преломляющую структуру.

**Эллипсоидные фары.** В последнее время получил распространение проекторный принцип формирования светораспределения с помощью проекционной оптики (конденсаторной линзы). Такой принцип реализуется светоптической системой с эллипсоидным отражателем 1 (рис. 8.19). Тело накала устанавливается в переднем фокусе  $F_1$  эллипсоида. После отражения световой пучок концентрируется в зоне второго фокуса  $F_2$  отражателя на относительно малой площадке, где устанавливается экран с формой границы, симметричной светотеневой границе заданного режима освеще-

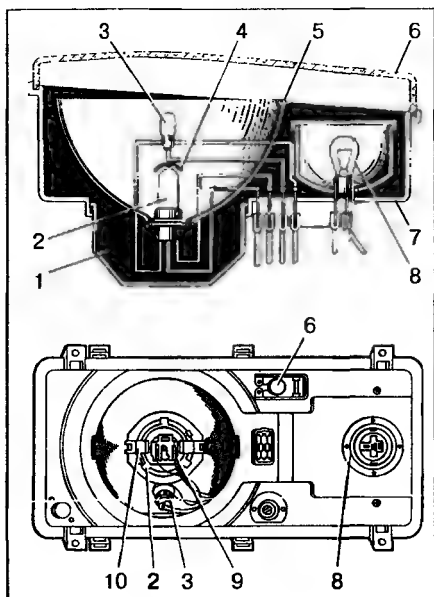


**Рис. 8.20. Блок-фара:**

1 – кожух; 2 – лампа фары; 3 – лампа габаритного света; 4 – экран; 5 – отражатель; 6 – рассеиватель; 7 – корпус; 8 – лампа указателя поворота; 9 – штекерная колодка; 10 – пружинный фиксатор

жения (ломаной для ближнего света головных фар и прямоугольной для противотуманных фар). Изображение в плоскости экрана проецируется на дорожное полотно конденсаторной линзой, фокальная точка  $F_3$  которой совпадает со вторым фокусом эллипсоидного отражателя.

Блок-фара объединяет в одном корпусе все или часть передних световых приборов и имеет общий или составной рассеиватель. При наличии общего рассеивателя упрощается его очистка. Недостатком блок-фар является невозможность их унификации для различных автомобилей. Правая и левая блок-фары одного автомобиля взаимозаменяемы.

Две блок-фары 39.3711 (правая) и 39.3711 (левая) устанавливают на автомобилях ВАЗ-2104, -2105 и -2107 (рис. 8.20). Каждая блок-фара включает в себя фару головного освещения с лампой 2, лампу габаритного света 3 и указатель поворота с лампой 8.

Рассеиватель 6 приклеен к пластмассовому корпусу 7, закрытому сзади

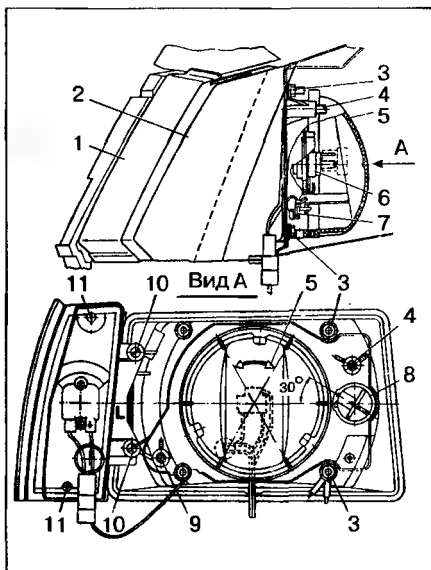


**Рис. 8.21. Блок передних световых приборов автомобиля ЗАЗ-1102:**

1 – фара; 2 – указатель поворота; 3 – гайка крепления фары; 4 – винт регулировки светового пучка в вертикальной плоскости; 5 – крышка; 6 – лампа фары; 7 – лампа переднего габаритного света; 8 – заглушка корректировки светового пучка в зависимости от нагрузки автомобиля; 9 – винт регулировки светового пучка в горизонтальной плоскости; 10 – винт крепления указателя поворота; 11 – винт крепления рассеивателя указателя поворота

пластмассовым кожухом 1. Внутри корпуса установлен отражатель 5. Провода от ламп 2 и 3 подведены к колодке 9, которая удерживается пружинным фиксатором 10.

Блок-фары 35.3711 автомобилей ВАЗ –2108, –2109 и их модификаций аналогичны по конструкции блок-фаре, приведенной на рис. 8.20. На части автомобилей, оборудованных блок-фарами, также предусматривают гидрокорректоры угла наклона фар в зависимости от нагрузки.

Главное освещение (дальний и ближний свет), указатель поворота и габаритный свет объединены в одном блоке на автомобилях ЗАЗ–1102 (рис. 8.21.). Головной свет и габаритный свет обеспечиваются фарой 42.3711 с лампами АКГ 12–60+55 и А 12–4. Блок в сборе закреплен на панели передка автомобиля четырьмя болтами и гайками 3. Регулирование положения светового пучка по горизонтали и вертикали осуществляется винтами 9 и 4. На фару можно установить корректор для дистанционной регулировки угла наклона фары в зависимости от нагрузки автомобиля. При отсутствии корректора наклон светового пучка в вертикальной плоскости регулируют поворотом заглушки 8.

*Фары-прожекторы* дают концентрированный световой луч и служат для освещения дальних участков дороги. Их устанавливают на автомобилях, которым разрешено движение с повышенной скоростью. Прожекторы включаются вместе с дальним светом фар при отсутствии встречных транспортных средств. Высота установки прожекторов не нормируется. Две фары-прожектора должны устанавливаться на одной высоте.

*Прожекторы-искатели* предназначены для временного освещения предметов, расположенных вне зоны действия фар головного освещения, имеют узкий световой пучок и устанавливаются на поворотном кронштейне.

Примеры схем включения фар на легковых автомобилях приведены на рис. 8.22.

## 8.5. Противотуманные фары и фонари

Автомобили должны быть приспособлены к эксплуатации в любых погодных условиях. При наличии тумана, интенсивных осадков или пылевых облаков ухудшение видимости приводит к снижению скорости движения. Необходимый уровень безопасности движения автомобиля в этих условиях обеспечивается световыми приборами.

В тумане ближний и дальний свет фар головного освещения не обеспечивают удовлетворительной видимости дороги. Лучи ближнего и особенно дальнего света отражаются от мельчайших капелек тумана, рассеиваются и создают молочно-белую пелену перед автомобилем, которая ослепляет водителя. При включении обычных фар головного освещения в тумане с метеорологической видимостью меньше 20м водитель автомобиля практически не видит дорогу и объекты на ней.

Условия видимости в темное время суток при движении в тумане, в снегопад и дождливую погоду зависят от светораспределения и точности регулирования фар. Для улучшения видимости дорожного полотна, обозначения габаритных

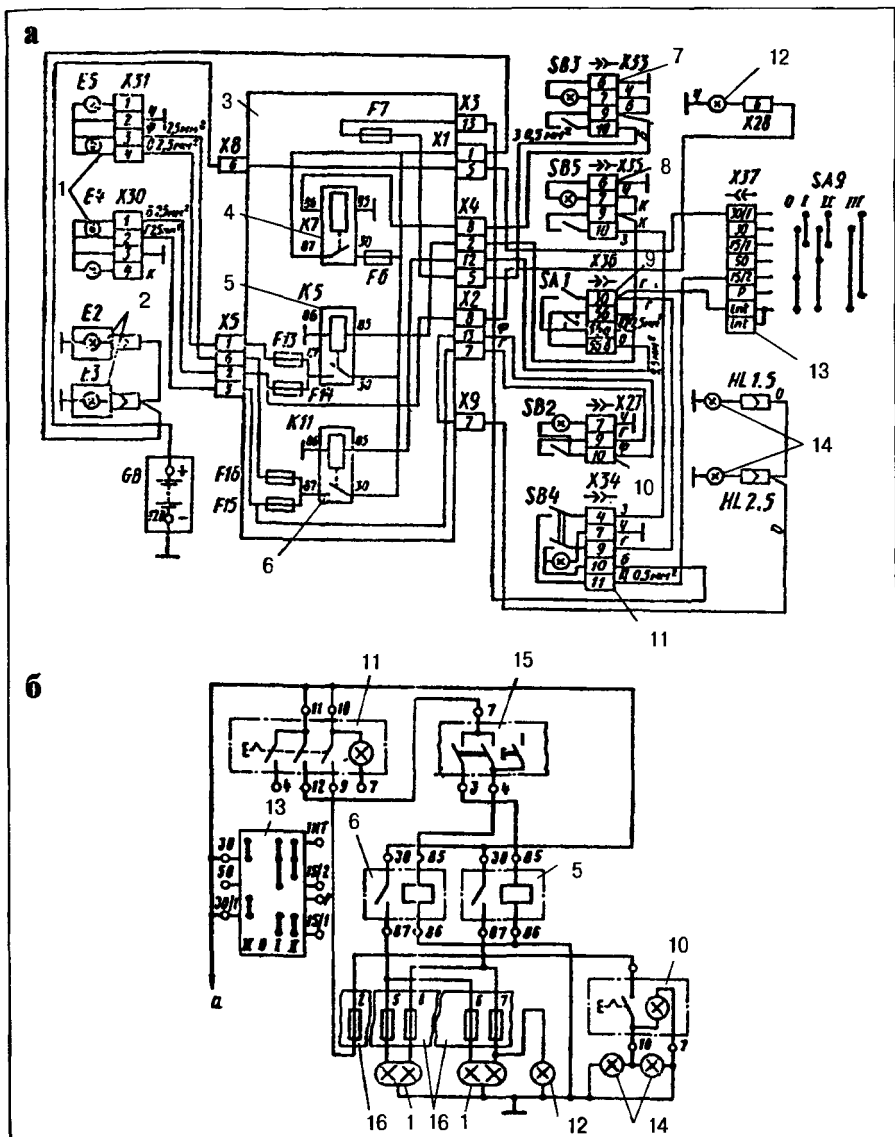
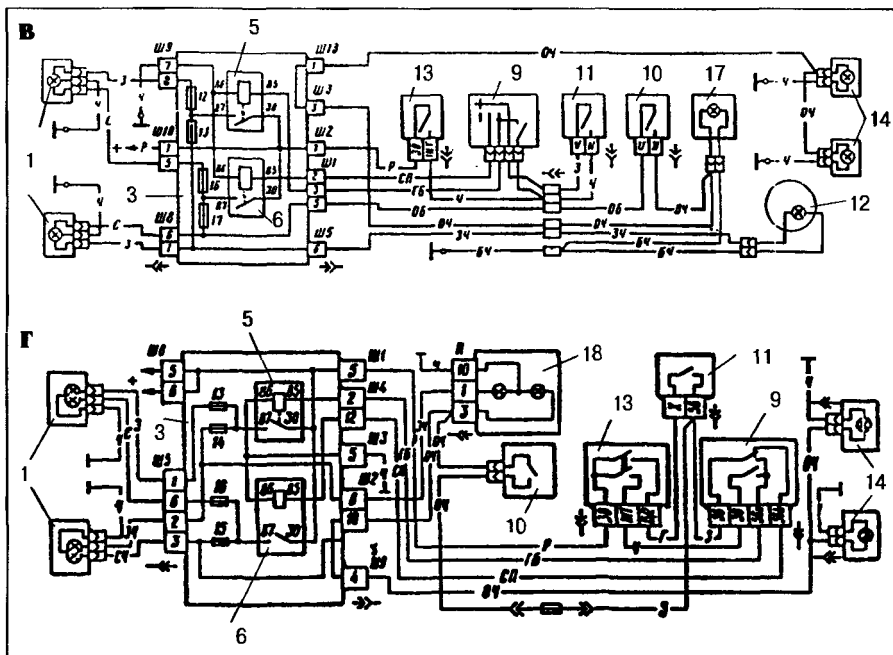


Рис. 8.22. Схемы включения фар головного освещения противотуманных фар и фонарей автомобилей:  
 а – «Москвич»-2141; б – ВАЗ-1102; в – ВАЗ-2105; г – ВАЗ-2108; 1 – фары головного освещения;  
 2 – противотуманные фары; 3 – монтажный блок предохранителей и реле; 4 – реле включения проти-  
 вотуманных фар; 5 – реле включения дальнего света фар; 6 – реле включения ближнего света фар;  
 (продолжение см. на обороте)



7 – выключатель противотуманных фар; 8 – выключатель света фар; 9 – переключатель света фар; 10 – выключатель задних противотуманных фонарей; 11 – выключатель наружного освещения; 12 – контрольная лампа дальнего света фар; 13 – выключатель зажигания; 14 – лампы задних противотуманных фонарей; 15 – трехрычажный переключатель; 16 – блок предохранителей; 17 – контрольная лампа противотуманных фонарей; 18 – комбинация приборов с контрольными лампами дальнего и ближнего света фар; цвета проводов: Б – белый; Г – голубой; Ж – желтый; З – зеленый; К – коричневый; П – красный; О – оранжевый; Р – розовый; С – серый; Ф – фиолетовый

размеров автомобиля и снижения аварийности во время туманов, дождей и снегопадов применяют противотуманные фары и фонари.

Противотуманные фары отличаются от обычных большим углом рассеивания светового пучка в горизонтальной плоскости и более четкой верхней светотеневой границей (рис. 8.23). Такое светораспределение в горизонтальной плоскости обеспечивается соответствующим микрорельефом внутренней поверхности рассеивателя с вертикальными цилиндрическими линзами и экраном перед лампой. Большой угол рассеивания светового пучка обеспечивает хорошую видимость дороги и обочины на расстоянии 15–25 м.

Для того, чтобы уменьшить рассеивающее действие тумана на световой пучок, противотуманные фары устанавливают ближе к дорожному полотну. В этом случае уменьшается длина пути световых лучей до пересечения с полотном дороги. Размещать противотуманные фары следует не выше фар ближне-

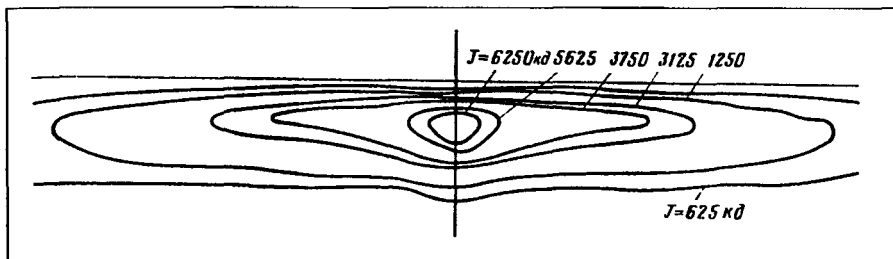


Рис. 8.23. Светораспределение противотуманной фары

го света на высоте (по нижней кромке светового отверстия) не менее 250 мм над полотном дороги. От плоскости бокового габарита они должны отстоять не более, чем на 400 мм. Углы рассеивания светового пучка противотуманных фар составляют  $\pm 5^\circ$  по вертикали и  $+45$  и  $-10^\circ$  по горизонтали.

Высота установки противотуманных фар в меньшей степени влияет на условия видимости, чем светораспределение и точность регулирования. Так, увеличение высоты установки фары над уровнем дороги с 250 до 1000 мм приводит к снижению максимальной дальности видимости примерно на 10%. В то же время отклонение пучка света фары вверх на  $3^\circ$  (вследствие разрегулирования) может в 2 раза уменьшить дальность обнаружения объекта на дороге.

Для достижения большего цветового контраста рассеиватели противотуманных фар иногда изготавливают из желтого стекла. Однако заметных преимуществ в изменении спектрального состава излучения таких фар нет. Цвет светового пучка фары практически не влияет на условия видимости в тумане средней и высокой плотности. Лучи желтого света с большей длиной волны лучше проникают через туман малой плотности или пылевую среду с малыми размерами частиц, соизмеримыми с длиной световых волн. В фары с рассеивателями желтого цвета устанавливают лампы большей мощности. Цвет рассеивателей двух фар на одном автомобиле должен быть одинаковым.

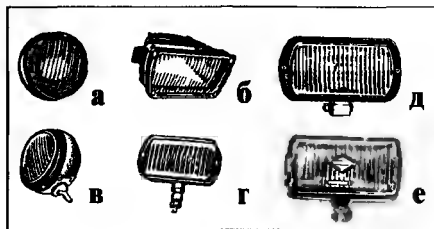


Рис. 8.24. Противотуманные фары:

а – ФГ106; б – ФГ108; в – ФГ119; г – ФГ120; д – ФГ152 с галогенной лампой; е – 11.3743 с галогенной лампой

Противотуманные фары могут иметь круглое или прямоугольное световое отверстие (рис. 8.24). Их встраивают в кузов, в бампер или крепят к бамперу автомобиля с помощью кронштейна. Противотуманные фары могут входить в состав блок-фар.

Оптическая система противотуманной фары включает в себя отрагатель 2 (рис. 8.25) параболического типа, рассеиватель 1, лампу 4, нить накала которой расположена в фокусе отрагателя, и экран 3. Лампу устанавливают в патроне 5 фары ФГ119 или в специ-

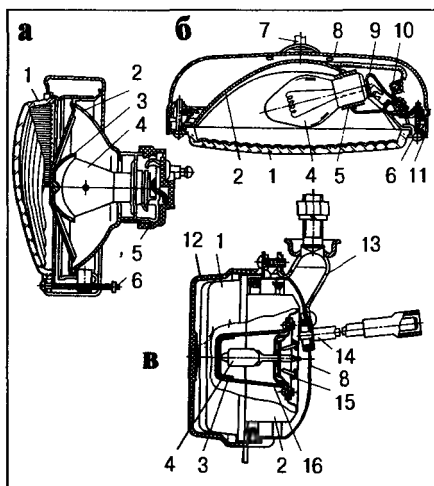


**Рис. 8.25. Устройство противотуманных фар:**  
 а – ФГ119; б – ФГ120-Б; в – 11.3743; 1 – рассеиватель; 2 – отражатель; 3 – экран; 4 – лампа; 5 – патрон; 6 – регулировочный винт; 7 – шаровая опора; 8 – корпус; 9 – контактная пластина; 10 – зажим; 11 – ободок; 12 – защитная крышка; 13 – кронштейн крепления; 14 – провод; 15 – пружинный держатель лампы; 16 – держатель экрана

альном держателе 15 галогенной лампы АКГ 12–55–1 (категории Н3) в противотуманной фаре 11.3743.

Противотуманные фары устанавливают в качестве дополнительного светотехнического оборудования на некоторые типы автомобилей и автобусов непосредственно на заводах-изготовителях или в эксплуатации.

Фары ФГ119 с круглым световым отверстием и лампой А 12–50+40 применяют на большинстве отечественных грузовых автомобилей и автобусов. Фару устанавливают снаружи автомобиля обычно над или под бампером с помощью болта, закрепленного шарнирно в корпусе.

Прямоугольная фара ФГ120 предназначена для легковых автомобилей и автобусов. Ее также устанавливают на бампере или под ним с помощью болта. Шарнирное соединение болта с корпусом фары позволяет регулировать световой пучок как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях. Светораспределение фары ФГ120 отвечает требованиям Правила №19 ЕЭК ООН.

Противотуманную фару ФГ152 с галогенной лампой АКГ 24–70 (категории Н1) используют на автомобилях семейства КамАЗ, фару ФГ152–Б с лампой АКГ 12–55 (категории Н1) – на автомобилях ЗИЛ–133ГЯ и ЗИЛ–133ВЯ.

Включение противотуманных фар вместо ближнего света фар головного освещения в условиях плохой видимости позволяет на 20–30% увеличить скорость движения автомобиля. Для уменьшения слепящего действия на водителей встречного транспорта противотуманные фары рекомендуется применять при езде в городе. Благодаря большему углу рассеяния светового пучка по горизонтали противотуманные фары целесообразно использовать для освещения крутых поворотов на горных дорогах.

В светлое время суток при движении в тумане видимость дороги не улучшается даже при использовании противотуманных фар. Однако они могут выполнять функции габаритных огней, снижая вероятность столкновения встречных транспортных средств.

При движении в тумане автомобиль недостаточно различим сзади. Задние габаритные огни в этом случае малоэффективны. Поэтому на автомобили устанавливают задние противотуманные фонари красного цвета с повышенной силой света. Сила света заднего противотуманного фонаря в рабочей зоне должна быть в 100–300 раз больше силы света габаритных огней. Его светораспределение с

большим углом рассеивания светового пучка в горизонтальной плоскости аналогично светораспределению противотуманных фар. Задний противотуманный фонарь должен быть виден водителю приближающегося автомобиля в виде вытянутого вдоль его горизонтальной оси прямоугольника равномерной яркости. При среднегабаритной яркости  $10^4$  кд/м<sup>2</sup> расстояние обнаружения противотуманного фонаря в атмосфере малой прозрачности в 2 раза больше расстояния, при котором различимы контуры автомобиля. Силу света и яркость задних противотуманных фонарей ограничивают. Слишком яркие фонари могут вызвать у водителей других транспортных средств состояние дискомфорта. Задние противотуманные фонари особенно эффективны в дневное время, когда резко возрастает интенсивность движения.

Один или два задних противотуманных фонаря устанавливают на высоте 250–1000 мм. Одиночный фонарь целесообразно располагать посередине задней части автомобиля или в той его части, которая обращена к осевой линии дорожного полотна. Если задний противотуманный фонарь не является составной частью горизонтального блока сигнальных фонарей, желательно его устанавливать выше или ниже блока. Более высокое расположение задних противотуманных фонарей по сравнению с противотуманными фарами позволяет уменьшить вуалирование их пеленой, создаваемой светом противотуманных фар.

Установка на автомобилях противотуманных фар и фонарей повышает безопасность движения и способствует росту эффективности автомобильных перевозок.

Возможные положения противотуманной фары при регулировке показаны на рис. 8.26.

Схемы включения противотуманных фар приведены на рис. 8.22.

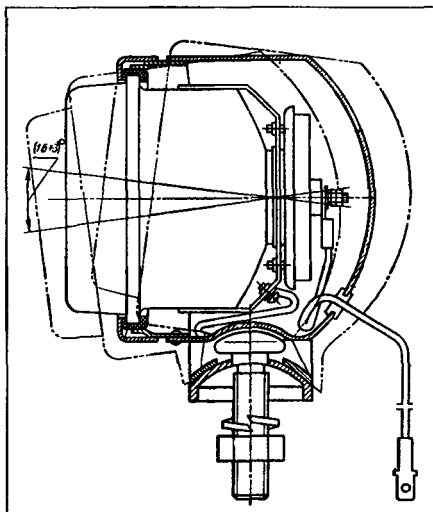


Рис. 8.26. Положения противотуманной фары при регулировке

## 8.6. Приборы световой сигнализации

На автомобиле установлено большое число светосигнальных приборов при ограниченном пространстве для их размещения. Автомобиль имеет габаритные и стояночные фонари, сигналы торможения, указатели поворота, световозвращатели.

Форма, размеры и расположение светосигнальных приборов отвечают установленным нормам и соответствуют внешнему виду модели автомобиля.



Отдельным считается световой прибор с одним или несколькими параллельно включенными источниками света и одной светящейся поверхностью, собранный в отдельном корпусе. Комбинированный световой прибор имеет один источник света (или несколько параллельно включенных и одновременно светящихся источников света), один корпус, но две или несколько светящихся поверхностей. Совмещенный световой прибор имеет разные источники света или один источник света, работающий в разных режимах, одну светящуюся поверхность и один корпус. Двухнитевая лампа в совмещенном световом приборе, объединяющем функции заднего габаритного фонаря и сигнала торможения, принимается за два источника света. Сгруппированный световой прибор объединяет в одном корпусе несколько самостоятельных световых приборов с отдельными источниками света и отдельными светящимися отверстиями. Каждый из сгруппированных вместе световых приборов может иметь несколько источников света и несколько светящихся отверстий. В сгруппированном световом приборе сигнальные фонари могут располагаться горизонтально и вертикально (рис. 8.27).

На легковых автомобилях устанавливают встроенные фонари, поэтому обеспечить их унификацию невозможно.

Выносные фонари широко используют на грузовых автомобилях. Их крепят к кронштейнам или другим деталям кузова.

Светосигнальные приборы должны быть хорошо опознаваемы, что достигается изменением силы света, цветности сигналов, а также проблесковым режимом их работы. В автомобильных светосигнальных приборах в основном используют красный, белый и оранжевый цвета.

Максимальная сила света светосигнальных приборов ограничена ввиду возможного ослепления водителей в темное время суток, а минимальная обусловлена способностью человека различать световой сигнал в солнечный день. В

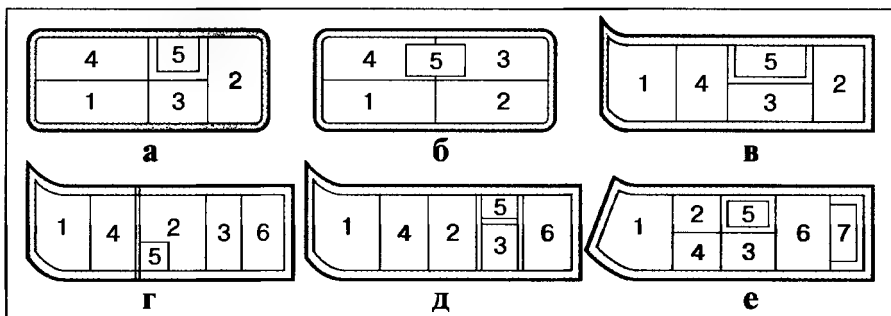


Рис. 8.27. Расположение светосигнальных секций в задних левых сгруппированных световых приборах:

а – ВАЗ–2105; б – ВАЗ–2107; в – ВАЗ–2108, –2109; г – ГАЗ–3102; д – «Москвич»–2141; е – ЗАЗ–1102; 1 – указатель поворота (оранжевый); 2 – сигнал торможения (красный); 3 – фонарь заднего хода (белый); 4 – габаритный фонарь (красный); 5 – световозвращатель (красный); 6 – противотуманный фонарь (красный); 7 – фонарь освещения номерного знака (белый)

темное время суток светосигнальные приборы хорошо видны при силе света 2–12 кд. Для обеспечения видимости световых сигналов в солнечный день силу света необходимо увеличивать до 200–700 кд. Эти условия работы обеспечиваются двухрежимными указателями поворота и сигналами торможения. На режиме работы с уменьшенной силой света включаются дополнительные резисторы в цепи электроснабжения.

Светооптическая система сигнальных приборов рассеивает световой пучок в определенных углах геометрической видимости. Геометрическую видимость световых приборов характеризуют углами в вертикальной и горизонтальной плоскостях, ограничивающих зону телесного угла, в пределах которого световой сигнал должен быть виден без каких-либо помех (рис. 8.28). Автомобильные светосигнальные фонари имеют обычно асимметричное светораспределение. Горизонтальные углы их геометрической видимости значительно больше вертикальных. Требования к пространственному светораспределению зависят от функций, выполняемых светосигнальным прибором.

Для всех светосигнальных фонарей и световозвращателей углы геометрической видимости по вертикали составляют  $\pm 15^\circ$ . Если высота установки светосигнального прибора меньше 1200 мм, угол геометрической видимости в сторону дорожного полотна можно уменьшить до  $-5^\circ$ . В горизонтальной плоскости углы геометрической видимости составляют  $+80^\circ$  и  $-45^\circ$  для передних и задних габаритных фонарей и указателей поворота,  $\pm 45^\circ$  для сигналов торможения и  $\pm 30^\circ$  для задних световозвращателей.

Светораспределение светосигнального фонаря зависит от типа его оптической системы – линзовой или смешанной. В линзовой оптической системе требуемые сила света и светораспределение обеспечиваются одним рассеивателем (без отражателя). К приборам с линзовой оптической системой относятся габаритные и стояночные огни, боковые повторители указателей поворота и др. Такие приборы состоят из корпуса 4 (рис. 8.29), лампы 3 накаливания и рассеивателя 1 с линзовыми или призматическими микроэлементами. Внутренняя поверхность корпуса может быть окрашена в белый цвет.

В смешанных оптических системах необходимое светораспределение создается отражателем 7 и рассеивателем 8 (рис. 8.30). Рассеиватель пере-

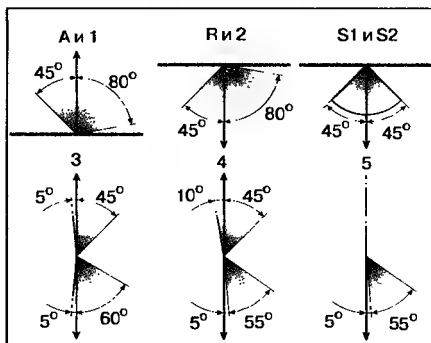


**Рис. 8.28. Расположение и горизонтальные углы видимости сигнальных фонарей (показаны только правые фонари; левые фонари симметричны правым):**

*A и R – габаритный фонарь соответственно передний и задний; S1 и S2 – сигнал торможения соответственно односторонний и двухсторонний; 1 – передний указатель поворота; 2 – задний указатель поворота; 3 – боковой указатель поворота при отсутствии передних и задних; 4 – боковой указатель поворота при отсутствии передних; 5 – боковой повторитель указателей поворота*

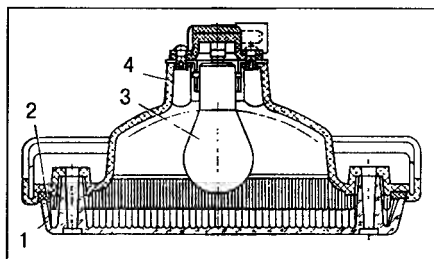


**Рис. 8.29. Светосигнальный фонарь с линзой-  
вой оптической системой:**

1 – рассеиватель; 2 – герметизирующая про-  
кладка; 3 – лампа; 4 – корпус

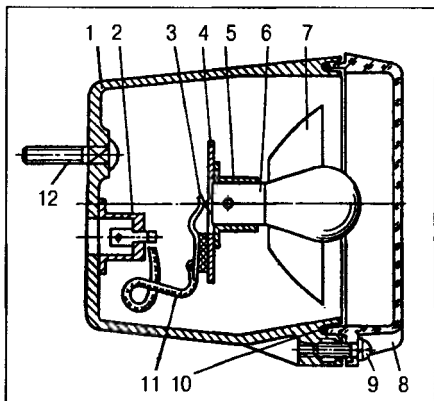


**Рис. 8.30. Сигнальный фонарь со смешанной  
оптической системой:**

1 – корпус; 2 – штекерный разъем; 3 – пружин-  
ный контакт; 4 – монтажная панель; 5 – патрон  
лампы; 6 – лампа; 7 – отражатель; 8 – рассеива-  
тель; 9 – винт крепления; 10 – резиновая про-  
кладка; 11 – соединительный провод; 12 – болт  
крепления фонаря

габаритные фонари и световозвращатели – оранжевый. Оранжевый цвет луч-  
ше распознается ночью на фоне включенных фар головного освещения и пе-  
редних габаритных фонарей.

По европейским нормам спереди автомобиля не должно быть ни одного фо-  
наря красного цвета.

Белый цвет сзади имеют фонари заднего хода (как и в передних световых  
приборах, он сигнализирует о движении автомобиля в сторону наблюдателя) и  
освещения номерного знака.

распределяет световой поток от отра-  
жателя и лампы 6. Непреобразованный  
световой поток от лампы улучшает  
светотехнические характеристики све-  
тосигнальных приборов. Благодаря  
большой силе света в заданных углах  
геометрической видимости, создавае-  
мой смешанной оптической системой,  
ее применяют в сигналах торможения и  
указателях поворота. Световой поток  
лампы наилучшим образом использу-  
ется при установке в корпус 1 парабол-  
лоидного отражателя. Отражатель мо-  
жет быть изготовлен из стальной лент-  
ты, цинкового сплава или пластмассы.

Патрон 5 обеспечивает правильную  
установку лампы относительно отра-  
жателя и рассеивателя. Ось лампы  
должна совпадать с оптической осью  
отражателя. Герметизация светосиг-  
нального прибора с лампой накалива-  
ния периодического действия до-  
вольно сложна.

Задние габаритные и стояночные  
фонари, световозвращатели и сигна-  
лы торможения – красного цвета. При  
одновременном включении габарит-  
ных фонарей и сигналов торможения  
последние отличаются яркостью. Крас-  
ный цвет лучше воспринимается  
периферическим зрением, лучше за-  
метен ночью на фоне огней другого  
цвета и сохраняет монохроматичность  
при любой интенсивности. Передние  
габаритные фонари и фонари стоя-  
ночного света имеют белый цвет,  
проблесковые сигналы передних и  
задних указателей поворота, боковые

## **Габаритные фонари**

Два передних и два задних габаритных фонаря сигнализируют о наличии и примерной ширине транспортного средства. Прицепы и полуприцепы имеют два габаритных фонаря сзади, а при ширине более 1,6 м – еще и два передних. Автобусы с числом пассажирских мест более 10 дополнительно снабжены двумя верхними габаритными фонарями спереди, а также сзади. Углы видимости этих фонарей в горизонтальной плоскости  $+80^\circ$ , а в вертикальной  $+5^\circ$  и  $-20^\circ$ . Сила излучаемого света вдоль оси 40–60 кд для передних и 2–12 кд для задних и верхних габаритных фонарей.

Габаритные фонари располагают на равном расстоянии от плоскости симметрии, на одинаковой высоте и в одной плоскости, перпендикулярной к продольной оси автомобиля.

Расстояние между фонарями по ширине не менее 600 мм, высота установки габаритных фонарей 400–1500 мм. Верхние габаритные фонари автобусов расположены на расстоянии не более 400 мм от плоскости верхнего габарита. Такое же расстояние до плоскости бокового габарита всех габаритных фонарей.

На транспортном средстве длиной более 6 м установлены боковые габаритные фонари оранжевого цвета. Фонари сигнализации открытых дверей указывают на увеличение габарита автомобиля.

## **Стояночные фонари**

Стояночные фонари в отличие от габаритных расходуют меньше электроэнергии. Размещение и углы геометрической видимости двух белых стояночных фонарей спереди и двух красных сзади такие же, как габаритных фонарей.

Обычно фонари стояночного света совмещают или группируют с габаритными фонарями. Разрешается включать стояночные фонари только с одной стороны автомобиля, наиболее удаленной от соответствующего края дорожного полотна.

## **Указатели поворота**

Каждый автомобиль должен иметь два передних и два задних указателя поворота, устанавливаемых на одной высоте (400–1500 мм) и на равном расстоянии от продольной плоскости симметрии автомобиля.

Повышенная заметность светового сигнала о повороте достигается усилением силы света и работой в проблесковом режиме. Частота мигания сигнала указателя поворота  $1-2\text{ с}^{-1}$ . При меньшей частоте сигнал может быть не замечен вовремя участниками движения. Сигнал с частотой мигания более  $2\text{ с}^{-1}$  не воспринимается как мигающий. Сила света передних указателей поворота 175–700 кд, а задних 50–200 кд. Сила света задних двухрежимных указателей 175–700 кд днем и 40–120 кд ночью.

Боковые повторители указателей поворота обязательны для автомобилей длиной более 6 м и для автомобилей с прицепами и полуприцепами. Боковые повторители указателей поворота могут быть установлены на всех автомобилях. Сила света их в переднем направлении 175–700 кд, а в заднем 0,3–200 кд. Многие автомобили имеют аварийную сигнализацию о неисправности и вынужденной остановке на проезжей части дорожного полотна.

Аварийная сигнализация – включение всех установленных на автомобиле указателей поворота.

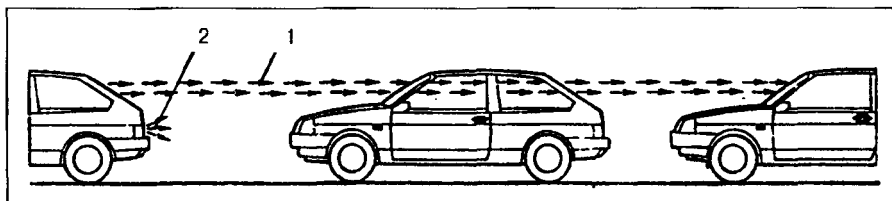


Рис. 8.31. Схема действия сигналов торможения:

1 – дополнительный сигнал; 2 – основной сигнал

### Сигнал торможения

Два задних сигнала торможения автомобиля включаются при срабатывании тормозных систем и сигнализируют о замедлении движения или остановке автомобиля. Расстояние между парными симметричными сигналами торможения не более 600 мм, высота установки 400–1500 мм. Сила света сигнала торможения на оси отсчета у однокрепимых фонарей 40–100 кд, а у двухрежимных – 130 – 520 кд днем и 30–80 кд ночью.

Дополнительные сигналы торможения у задних стекол салона легкового автомобиля видны водителю, едущему сзади, при загрязнении основных сигналов торможения, а также водителям нескольких следующих друг за другом легковых автомобилей (рис. 8.31), что обеспечивает их своевременную реакцию на изменение дорожной ситуации.

### Фонари освещения номерного знака

Номерной знак освещается одним или двумя фонарями. Европейские нормы устанавливают допуски на неравномерность освещения номерного знака: минимальная освещенность таблицы 10 лк, а максимальная 490 лк. Удовлетворительную освещенность даже широкого номерного знака обеспечивают два одинаковых фонаря, расположенных вдоль ее длинной стороны. Яркость в контрольных точках таблицы номерного знака должна быть не менее 2,5 кд/м<sup>2</sup>. Различие яркости на расстоянии между любыми точками таблицы (1 см) не должно превышать удвоенной минимально допустимой яркости.

Максимальное поле видимости номерного знака в вертикальной плоскости в пределах угла  $\pm 5^\circ$  и в горизонтальной –  $\pm 30^\circ$ . Углы видимости отсчитывают от перпендикуляра к соответствующему краю таблицы номерного знака. В любой точке таблицы угол падения луча света на ее поверхность – не более  $82^\circ$  (от края светового отверстия фонаря, наиболее удаленного от поверхности таблицы). При установке фонаря в рабочее положение излучаемый свет не должен быть виден в горизонтальном угле  $\pm 30^\circ$  и вертикальном  $\pm 15^\circ$ . Угол измеряется по отношению к прямой, проходящей через одиночный источник света, или через середину отрезка прямой, соединяющей два источника света.

### Фонари заднего хода

По конструкции и требованиям фонари заднего хода относятся к светосигнальным. Один или два фонаря заднего хода с рассеивателями белого цвета

размещены в задней части автомобиля на высоте 400–1200 мм. Углы геометрической видимости фонарей при включении заднего хода по вертикали  $+15^\circ$  и  $-5^\circ$  и по горизонтали  $\pm 45^\circ$  для одиночного фонаря и  $+45^\circ$  и  $-30^\circ$  для двух парных фонарей. Фонари заднего хода автобусов обеспечивают углы геометрической видимости по вертикали  $\pm 15^\circ$  и по горизонтали  $\pm 45^\circ$ .

### Опознавательные знаки

В автопоездах используются опознавательные знаки (рис. 8.32). При наличии прицепа три рядом расположенных фонаря оранжевого цвета установлены на крыше кабины тягача. Расстояние между фонарями 150–300 мм. Углы геометрической видимости по вертикали  $\pm 5^\circ$  и по горизонтали  $\pm 80^\circ$ .

Прицепы оборудуют сзади габаритными фонарями, указателями поворота и сигналами торможения, которые дублируют соответствующие светосигнальные приборы автомобиля-тягача и загораются одновременно с ними.

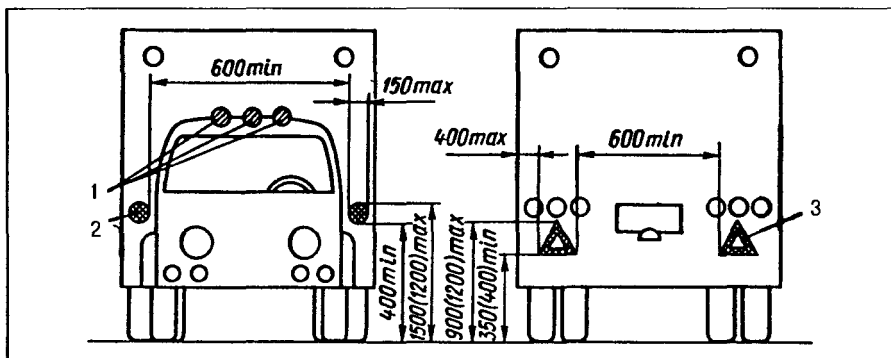


Рис. 8.32. Опознавательные знаки автопоездов:

1 – опознавательные знаки; 2 – передние световозвращатели; 3 – задние световозвращатели

### Фонарь преимущественного проезда

Этот фонарь с мигающим светом расположен на крыше автомобиля, пользующегося правом преимущественного проезда (пожарная, милиция, скорой помощи и т.п.). Видимость света в горизонтальной плоскости круговая.

### Световозвращатели

Это пассивные светосигнальные приборы с возвратно-отражающими оптическими элементами. Они предназначены для указания наличия и обозначения габаритов автомобиля в темное время суток путем отражения света, излучаемого источником, находящимся на другом транспортном средстве.

Кубические световозвращатели со-

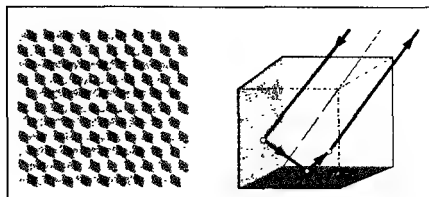


Рис. 8.33. Трехгранные ячейки кубических световозвращателей

стоят из трехгранных ячеек с углом между гранями  $90^\circ$  (рис. 8.33). Грани ячеек расположены на внутренней стороне световозвращателя. Трехгранная ячейка представляет собой часть куба, отсеченную плоскостью, перпендикулярной к диагонали ячейки и обычно являющейся плоскостью внешней поверхности светоотражателя. Диагонали всех ячеек световозвращателя параллельны между собой и продольной оси автомобиля. Поток света входит в светоотражатель со стороны наружной гладкой поверхности и после трехкратного отражения от граней ячейки выходит в обратном направлении. Прямоугольная трехгранная призма обеспечивает отражающий эффект с достаточной силой света при небольшой площади поверхности и глубине оптического элемента световозвращателя. Направления падающих и отраженных лучей практически совпадают при изменении угла падения по отношению к диагонали  $\pm 20^\circ$ .

По два передних и задних световозвращателя соответственно белого и красного цвета устанавливают симметрично относительно продольной плоскости автомобиля. Требования к установке парных световозвращателей такие же, как рассмотренные выше. На автомобилях и автобусах большой длины имеются боковые световозвращатели оранжевого цвета. Один боковой световозвращатель может быть установлен в средней трети части с каждой стороны, длина которой не превышает 6 м.

Требования к задним красным треугольным световозвращателям прицепа аналогичны требованиям к задним световозвращателям одиночных автомобилей. Прицепы имеют спереди два белых светоотражателя любой формы (кроме треугольной) для обозначения ночью прицепа, стоящего на обочине дороги или если его ширина превышает ширину тягача. Передние светоотражатели расположены на расстоянии не более 150 мм от плоскости бокового габарита прицепа.

**Рис. 8.34. Задние сгруппированные световые приборы автомобиля «Москвич»-2141:**

а - 311.3716 (правый); б - 31.3716 (левый); 1 - корпус; 2 - лампа противотуманного фонаря (А 12-21-3); 3 - шпилька; 4 - лампа фонаря заднего хода (А 12-12-3); 5 - штекер подсоединения провода на «массу»; 6 - соединительная колодка жгута проводов; 7 - лампа сигнала торможения (А 12-21-3); 8 - лампа габаритного огня (А 12-5); 9 - лампа указателя поворотов (А 12-21-3); 10 - рассеиватель; 11 - световозвращатель; 12 - перегородки; 13, 15 - прокладки; 14 - основание с ламподержателями

### Блоки фонарей

На автомобиле ГАЗ-3102 сзади с каждой стороны установлены по два сгруппированных фонаря ФП118-Л, ФП119-Л (левые) и ФП118-П, ФП119-П (правые). Левые и правые фонари не взаимозаменяемы.

В одном корпусе фонарей ФП118-Л и ФП118-П объединены габаритный фо-

нарь и указатель поворота с рассеивателями соответственно красного и оранжевого цвета. Фонари ФП119-Л и ФП119-П включают сигнал торможения и противотуманный фонарь с рассеивателями красного цвета, фонарь заднего хода с бесцветным рассеивателем и световозвращатель, находящийся в рассеивателе сигнала торможения. В задней части автомобиля все сигнальные фонари размещают в одну линию.

В передней части автомобиля ГАЗ-3102 в одну линию с фарами головного освещения установлены правый и левый одиночные указатели поворота оранжевого цвета УП118-П и УП118-Л. Рассеиватели указателей поворота задних фонарей ФП118-Л, ФП118-П и передних указателей поворота УП118-Л и УП118-П огибают крылья автомобиля, что позволяет наблюдать сигналы предстоящего маневра спереди, сзади и сбоку. Такие же указатели поворотов 21.3726 (левый) и 211.3726 (правый) установлены на автомобиле «Москвич»-2141.

Задние сгруппированные световые приборы автомобиля «Москвич»-2141 (рис. 8.34) включают фонари указателя поворота, сигнала торможения, заднего хода, противотуманный, габаритный и световозвращатель. Световозвращатель 11 встроен в рассеиватель 10. Отражающие поверхности выполнены непосредственно на пластмассовом корпусе 1. Светосигнальные секции разделены перегородками 12.

В задних сгруппированных световых приборах 362.3716 (левый) и 363.3716 (правый) автомобиля ГАЗ-1102 лампы светосигнальных секций установлены на печатной плате 7 (рис. 8.35).

На грузовых автомобилях применяют передний и задний сгруппированные фонари ПФ130 и ФП130. Двухсекционный круглый передний фонарь ПФ130 (рис. 8.36) объединяет в одном корпусе

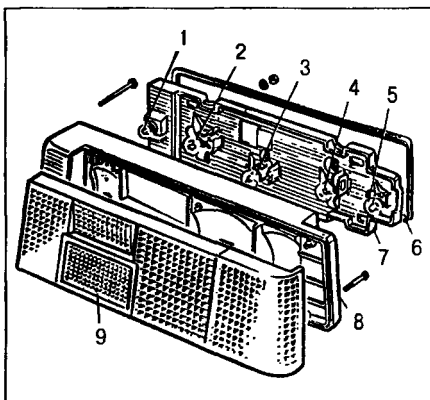


**Рис. 8.35. Задний сгруппированный световой прибор автомобиля ГАЗ-1102:**

1 – лампа А 12–5 фонаря освещения номерного знака; 2 – лампа А 12–21–3 противотуманного фонаря; 3 – лампа А 12–21–3 фонаря заднего хода; 4 – лампа А 12–21–5 габаритного фонаря и сигнала торможения; 5 – лампа А 12–21–3 указателя поворота; 6 – уплотнительная прокладка; 7 – печатная плата; 8 – корпус; 9 – рассеиватель

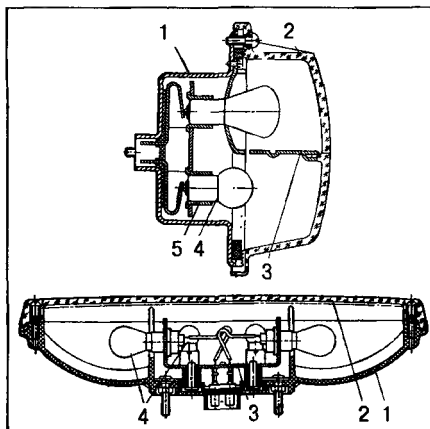


**Рис. 8.36. Унифицированные светосигнальные фонари для грузового автомобиля:**

а – передний ПФ130; б – задний ФП130; 1 – корпус; 2 – рассеиватель; 3 – перегородка; 4 – лампа; 5 – ламподержатель



1 указатель поворота с лампой мощностью 21 Вт и габаритный огонь с лампой мощностью 5 Вт. Секции сигнальных огней разделены непрозрачной перегородкой 3. Указатель поворота, размещенный в верхней секции фонаря, имеет смешанную светооптическую систему с параболическим отражателем и оранжевым рассеивателем. Нижняя секция фонаря с бесцветным рассеивателем габаритного огня имеет линзовую светооптическую систему.

В трехсекционном заднем фонаре ФП130 прямоугольной формы функции указателя поворота выполняет крайняя наружная по отношению к кузову секция со смешанной светооптической системой. Средняя секция габаритного огня имеет линзовую систему, а третья секция сигнала торможения – смешанную. Свето-возвращатель красного цвета находится в специальном углублении в рассеивателях задних фонарей между сигналом торможения и габаритным фонарем. Левый задний фонарь имеет вставку из бесцветной пластмассы, через которую освещается номерной знак. Схемы включения наружного освещения, указателей поворота и аварийной сигнализации приведены на рис. 8.37 и 8.38.

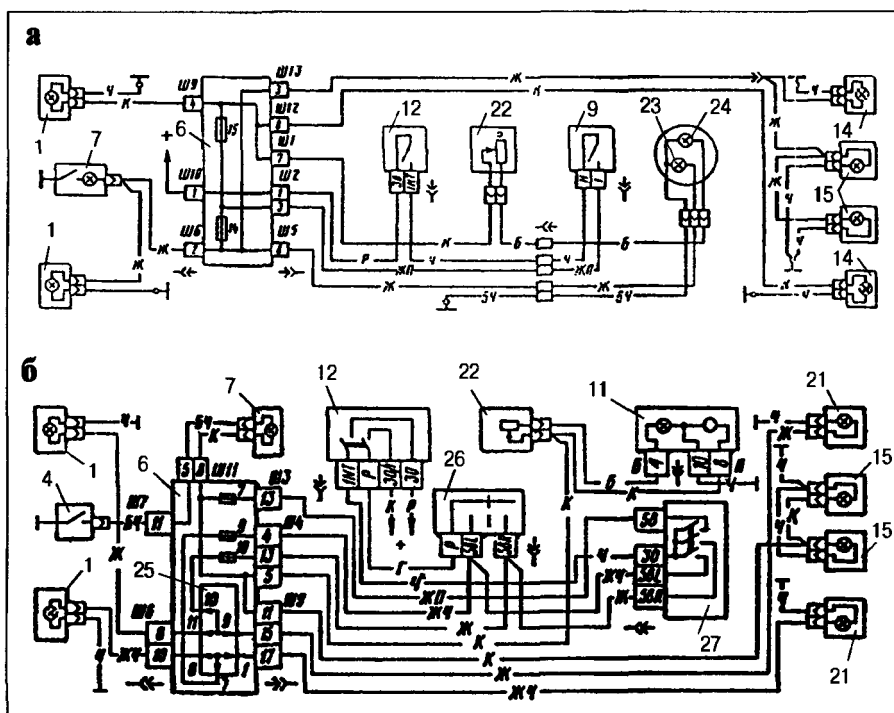
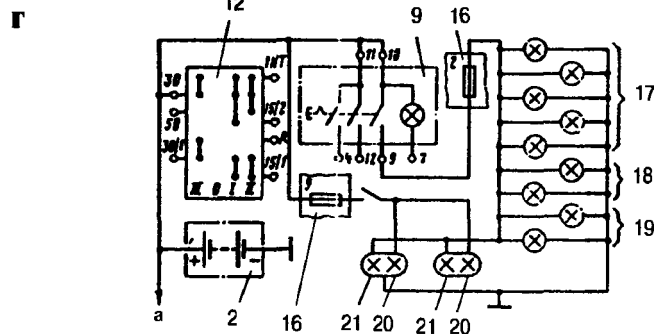
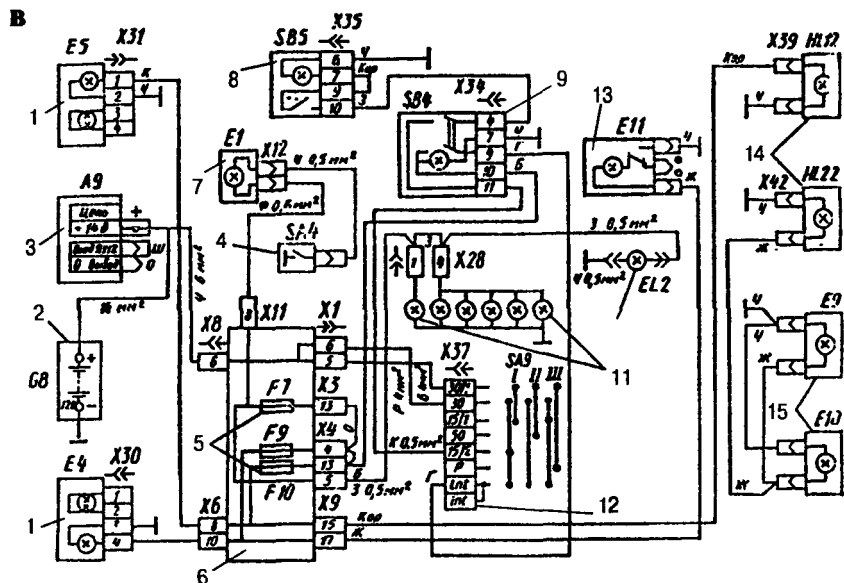


Рис. 8.37. Схемы включения наружного освещения автомобилей:

а – ВАЗ–2105; б – ВАЗ–2108; в – «Москвич»–2141; г – ЗАЗ–1102; 1 – лампы габаритного света в фарах; 2 – аккумуляторная батарея; 3 – генератор; 4 – выключатель подкапотного фонаря; 5 – предохранитель; 6 – монтажный блок реле и предохранителей; 7 – подкапотная лампа; 8 – выключатель



света фар; 9 – выключатель наружного освещения; 10 – лампа подсветки рычагов управления отопителем; 11 – комбинация приборов с лампами контроля и подсветки; 12 – выключатель зажигания; 13 – плафон освещения багажного отделения; 14 – лампы габаритного света в задних группированных световых приборах; 15 – фонарь освещения номерного знака; 16 – блок предохранителей; 17 – лампы освещения комбинации приборов; 18 – лампы передних габаритных фонарей; 19 – лампы освещения номерного знака; 20 – лампы сигнала торможения; 21 – лампы задних габаритных фонарей; 22 – выключатель освещения приборов; 23 – контрольная лампа наружного освещения, расположенная в спидометре; 24 – лампа освещения прибора; 25 – контактные перемычки на месте установки реле контроля ламп; 26 – переключатель стояночного света; 27 – переключатель наружного освещения

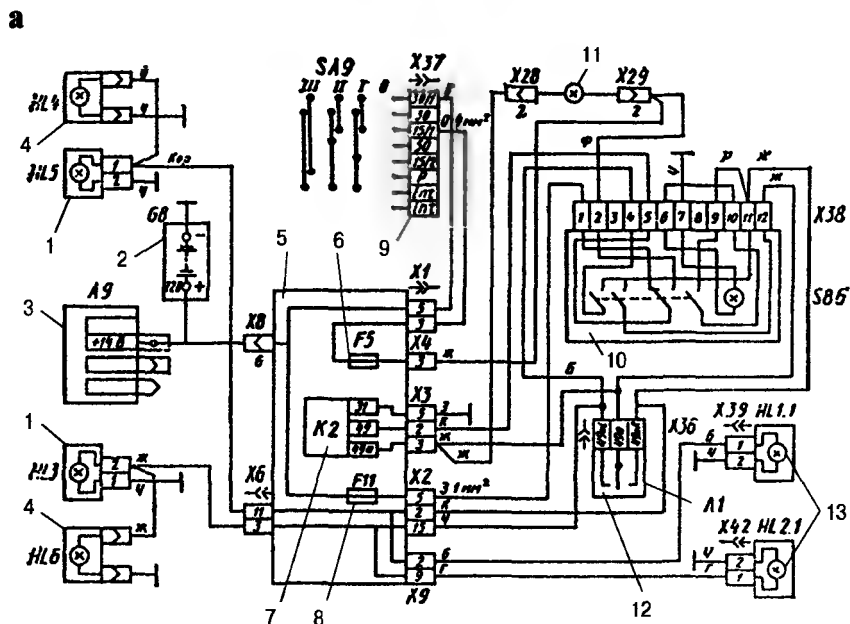
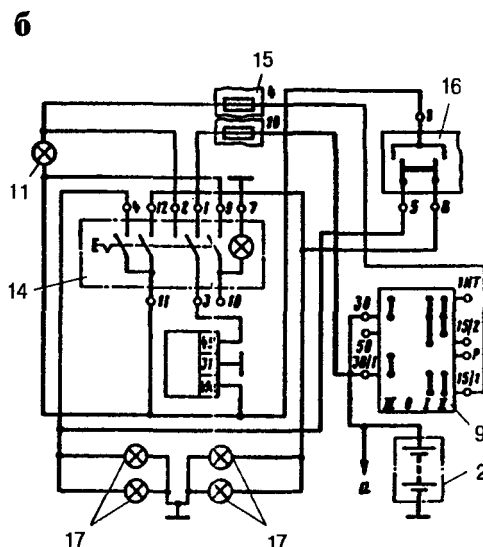
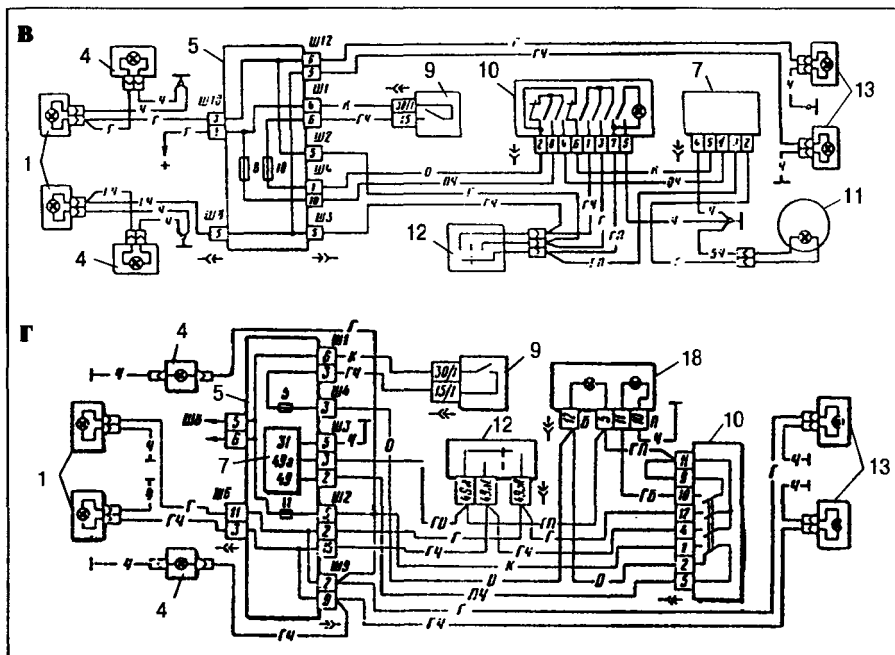


**Рис. 8.38. Схемы включения указателей поворотов и аварийной сигнализации автомобилей:**

а — «Москвич»-2141; б — ЗАЗ-1102; в — ВАЗ-2105; г — ВАЗ-2108; 1 — лампы передних указателей поворотов; 2 — аккумуляторная батарея; 3 — генератор; 4 — боковой повторитель указателей поворотов; 5 — монтажный блок предохранителей и реле; 6 и 8 — предохранители; 7 — реле-прерыватель указателей поворота и аварийной сигнализации; 9 — выключатель зажигания; 10 — выключатель аварийной сигнализации; 11 — контрольная лампа указателей поворотов и комбинации прибора; 12 — переключатель указателей поворотов; 13 — лампы указателей поворотов в задних группированных световых приборах; 14 — выключатель аварийной сигнализации с контрольной лампой;





15 – блок предохранителей; 16 – трехрычажный переключатель; 17 – лампы указателей поворотов; 18 – комбинация приборов с контрольными лампами указателей поворота (слева) и аварийной сигнализации (справа)

## 8.7. Приборы внутреннего освещения и сигнализаторы

### Внутреннее освещение

Внутреннее освещение имеют кабина водителя грузового автомобиля, салон легкового автомобиля или автобуса, подкапотное пространство, багажное отделение, вещевой ящик. Все внутренние помещения освещаются лампами небольшой мощности.

Кабина водителя грузового автомобиля и салон легкового автомобиля освещаются одним–тремя светильниками–плафонами (рис. 8.39). Несплящный рассеянный свет обеспечивается благодаря применению рассеивателя из специального материала (матированного или диффузно пропускающего свет). Матированную поверхность с внутренней стороны рассеивателя получают после соответствующей механической или химической обработки. Коэффициенты пропускания и отражения матированных поверхностей равны соответственно 0,74–0,83 и 0,14–0,09. Диффузно пропускающие свет стекла (молочные) распределяют проходящий через них световой пучок в телесном угле  $2\pi$  стерадиан. Молочные стекла для плафонов имеют коэффициенты пропускания и отражения соответственно 0,38–0,53 и 0,40–0,32.

В салоне автобуса на высоте 1 м от пола освещенность должна быть 60–80 лк. При использовании ламп накаливания с низкой световой отдачей (8–10 лм/Вт) в салоне устанавливается большое число плафонов, что не всегда приемлемо ввиду ограниченной мощности генератора. Лампы накаливания, установленные в плафонах, используют для освещения при длительных стоянках автобуса. Для освещения салонов автобусов применяют в основном люминесцентные лампы ЛБ–15 мощностью 15 Вт и ЛБ–30 мощностью 30 Вт со световой отдачей 42 и 58 лм/Вт.

Люминесцентные лампы подключены к сети постоянного тока напряжением 12 или 24 В через преобразователи, на выходе которых переменный ток имеет напряжение 127 или 220 В и частоту 24 кГц. При повышенной частоте обеспечивается лучшее пережигание во время переходов напряжения через нуль, снижается шум и исчезает стробоскопический эффект. Каждый преобразователь рассчитан на один светильник. Этим исключается необходимость прокладки между светильниками высоковольтных проводов и повышается электробезопасность.

Люминесцентные лампы имеют больший, чем лампы накаливания, срок службы. Конструкции подкапотного фонаря, фонарей освещения багажного отделения и вещевого ящика зависят от их назначения. Подкапотный фонарь имеет поворотный колпак, перекрывающий световые лучи от лампы, направленные в глаза водителя или механика. Фонарь освещения багажного отделения должен быть защищен от возможного повреждения грузом. Светотехнические характеристики этих приборов не нормированы.

Необходимая освещенность шкал контрольно-измерительных приборов и циферблатов часов в темное время суток достигается встроенными в них лампами накаливания А 12–4, АМН 12–3, А 24–2, АМН 24–3 и другими мощностью 0,8–4 Вт. Комбинации приборов в общем корпусе с одним стеклом освещаются аналогично отдельным приборам. При печатном монтаже приборных панелей перспективно применение бесцокольных ламп с гибкими металлическими выводами, впаянными в стеклянный баллон.

Эффективность освещения прибора или комбинации приборов улучшается, если цвет лампы соответствует цвету шкалы. Так, черная шкала с белыми цифрами и красными концами стрелок лучше видна при освещении зеленым светом. Число ламп, необходимых для освещения контрольно-измерительных приборов, можно сократить при использовании световодов, которые представляют собой гибкий стержень или жгут тонких волокон из оптически прозрачного материала. Достаточно установить лампу у одного из торцов световода, чтобы из другого торца или отвода получить необходимую освещенность в любых местах панели приборов.

### **Контрольные лампы и сигнализаторы**

Их применяют наряду со стрелочными контрольно-измерительными приборами и приборами различного назначения с цифровой индикацией. Оптические сигнализаторы дополняют контрольно-измерительные приборы или дублируют их, информируя водителя о возникновении критических или аварийных ситуаций в различных системах автомобиля. К оптическим сигнализаторам относятся конт-

рольные лампы заряда аккумуляторной батареи, аварийного понижения давления в смазочной системе двигателя, включения габаритных фонарей, стояночной тормозной системы и др.

Оптические сигнализаторы имеют разные цвета: красный сигнализирует об аварийных или критических ситуациях, голубой – для контрольных ламп включения дальнего света, зеленый мигающий – для сигнализатора исправной работы указателей поворота. Желтые светофильтры используют в сигнализаторах включения дополнительных приборов, например противотуманных фар, отопителей и т. д. Для различения одноцветных сигнализаторов различного функционального назначения на их светофильтры наносят пиктограммы – схематические рисунки.

Оптический сигнализатор может быть выполнен в виде отдельного прибора или встроен в комбинацию приборов. Иногда несколько сигнализаторов объединены в блоки с общим корпусом. В блоках сигнализаторов предусмотрена контрольная кнопка, при нажатии которой проверяют исправность всех контрольных ламп.

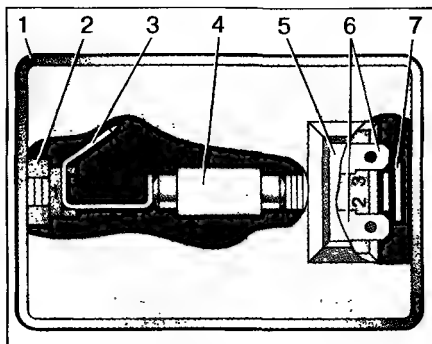


**Рис. 8.39. Плафон 15.3714 освещения салона автомобиля «Москвич»-2141:**

1 – корпус; 2 – пружинный фиксатор; 3 – штекерный наконечник; 4 – лампа (АС 12–5); 5 – переключатель ручного включения; 6 – штекерные наконечники проводов, соединенные с «массой»; 7 – фиксирующий упор

## **8.8. Техническое обслуживание системы освещения и световой сигнализации**

### **Неисправности световых приборов. Правила эксплуатации**

Система освещения и световой сигнализации исправна, если все световые приборы нормально функционируют, обеспечивая заданные выходные характеристики. Она считается частично исправной, если передает полную информацию об автомобиле другим участникам движения, но не обеспечивает получения водителем необходимой информации о дороге.

О частичной неисправности системы свидетельствует увеличение угла наклона фары к дороге или выход из строя (перегорание) лампы в одной из фар дальнего света. В обоих случаях фары не мешают другим участникам дорожного движения, но заставляют водителя автомобиля для обеспечения необходимого уровня безопасности уменьшить скорость движения.

Система освещения неисправна, когда она не передает участникам дорожного движения весь предусмотренный объем информации.

Неисправности фар являются признаком опасности только при ухудшении допустимого светораспределения. Любая неисправность, изменяющая функ-

циональные свойства обязательного для применения светосигнального прибора, делает автомобиль опасным по отношению к другим участникам дорожного движения.

Основные неисправности в системе освещения и световой сигнализации, возможные причины их возникновения и способы устранения приведены в табл. 8.5.

Чаще всего выходят из строя (перегорают) лампы. Формально эта неисправность считается незначительной, поэтому некоторые автомобили эксплуатируют с одним из двух парных световых приборов. Это является серьезным нарушением Правил дорожного движения.

Два световых прибора одного функционального назначения не дублируют друг друга, а дополняют, обеспечивая необходимые углы видимости сигнального огня в различных дорожных ситуациях. Обычно лампы перегорают при включении, когда сила тока, протекающего через лампу, может в 8–10 раз превышать номинальное значение.

В процессе эксплуатации эффективность светового прибора снижается из-за уменьшения коэффициента пропускания колб обычных ламп накаливания. Не следует касаться пальцами стеклянной колбы галогенной лампы при ее установке в фару. При высокой температуре колбы жировые следы от пальцев вызывают потемнение кварцевого стекла.

**Таблица 8.5. Основные неисправности системы освещения, световой сигнализации и способы их устранения**

| Причина неисправности                                            | Способ обнаружения                                                                                             | Способ устранения                                              |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>Система освещения и световой сигнализации не работает</b>     |                                                                                                                |                                                                |
| Обрыв в общей цепи (от амперметра до центрального переключателя) | Проверка надежности соединений и исправности проводов                                                          | Соединения зачистить и подтянуть, неисправные провода заменить |
| Нарушение контакта в переключателе                               | Проверка исправности переключателя с помощью контрольной лампы                                                 | Неисправный переключатель отремонтировать или заменить         |
| <b>Не горят отдельные лампы фар и фонарей</b>                    |                                                                                                                |                                                                |
| Перегорание предохранителя                                       | Проверка предохранителя                                                                                        | Предохранитель заменить                                        |
| Перегорание или обрыв нити накала лампы                          | Осмотр лампы после извлечения ее из светового прибора и определение наличия обрыва или перегорания нити накала | Неисправную лампу заменить                                     |
| Нарушение контакта в соединительных колодках                     | Проверка надежности соединений в колодках                                                                      | Подтянуть соединения в колодках                                |

Продолжение табл. 8.5

| Причина неисправности                                                                                       | Способ обнаружения                                                                          | Способ устранения                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Нарушение контакта в патроне лампы                                                                          | Проверка состояния цоколя лампы и деталей патрона после ее вывертывания из патрона          | Зачистить окислившийся контакт, подогнуть пружинный контакт патрона                                                                                                |
| Ненадежное крепление наконечников проводов на выводах                                                       | Проверка надежности соединений                                                              | Подтянуть крепление наконечников проводов на выводах                                                                                                               |
| Неисправность (окисление контактов, разрегулировка реле) вспомогательного реле включения (если оно имеется) | Проверка исправности вспомогательного реле, измерение напряжения включения реле вольтметром | Зачистить крепление наконечников проводов на выводах                                                                                                               |
| Выход из строя выключателя или переключателя                                                                | Проверка исправности выключателя или переключателя контрольной лампой                       | В разобранном выключателе или переключателе зачистить контакты, по возможности исправить механизм переключения. Неразборный выключатель или переключатель заменить |

**Частое перегорание нитей ламп накаливания**

|                                                                                                                                                               |                                                                                   |                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Повышенное напряжение генераторной установки                                                                                                                  | Проверка регулятора напряжения, как описано выше                                  | Отрегулировать уровень напряжения генераторной установки                      |
| Повышенная вибрация спирали лампы накаливания вследствие слабого крепления ламп в патроне, оптического элемента в корпусе или светового прибора на автомобиле | Проверка крепления элементов в световом приборе и светового прибора на автомобиле | Надежно закрепить элементы в световом приборе и световый прибор на автомобиле |

**Мигания света ламп**

|                                                                                  |                                                                |                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Плохой контакт в патроне лампы                                                   | Проверка технического состояния патрона после извлечения лампы | Подогнуть пружинный контакт в патроне                        |
| Обрыв жилы провода и периодический контакт оборванных концов вследствие вибрации | Осмотр провода                                                 | Заменить поврежденный участок провода                        |
| Плохой контакт провода в местах соединений                                       | Проверка надежности соединений штекерных колодок и проводов    | Обеспечить надежное соединение проводов в штекерных колодках |



Продолжение табл. 8.5

| Причина неисправности                                                                                      | Способ обнаружения                                           | Способ устранения                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Периодическое замыкание на «массу» в цепи электроснабжения световых приборов                               | Проверка изоляции проводов                                   | Заменить поврежденные участки провода. Закрепить провод, замыкающий на «массу»                       |
| <b>Не переключается ближний и дальний свет фар головного освещения</b>                                     |                                                              |                                                                                                      |
| Окисление контактов переключателя света фар                                                                | Проверка переключателя контрольной лампой                    | Разобрать неисправный переключатель и зачистить контакты                                             |
| <b>Не включается сигнал торможения</b>                                                                     |                                                              |                                                                                                      |
| Выход из строя выключателя сигнала торможения                                                              | Проверка выключателя сигнала торможения контрольной лампой   | Неисправный выключатель заменить                                                                     |
| Отсоединение провода от выключателя сигнала торможения                                                     | Проверка соединения провода с выводом выключателя            | Присоединить провод                                                                                  |
| <b>Сигнал торможения не выключается</b>                                                                    |                                                              |                                                                                                      |
| Неправильно отрегулирован выключатель сигнала торможения                                                   | Проверка выключателя с помощью контрольной лампы             | Разрегулируанный выключатель отрегулировать, неисправный заменить                                    |
| <b>Лампы указателей поворота горят без мигания</b>                                                         |                                                              |                                                                                                      |
| Спекание контактов исполнительного реле прерывателя                                                        | Проверка исполнительного реле прерывателя контрольной лампой | Снять реле прерывателя, разомкнуть и зачистить контакты, отрегулировать зазор между контактами       |
| <b>Не работают указатели поворота в режиме как маневрирования автомобиля, так и аварийной сигнализации</b> |                                                              |                                                                                                      |
| Перегорание предохранителей в цепях указателей поворота                                                    | Проверка предохранителя                                      | Проверить правильность монтажа проводов, устранить повреждения или заменить провода и предохранители |
| Плохой контакт в штекерных колодках прерывателя                                                            | Проверка надежности соединений                               | Обеспечить надежное соединение штекерных                                                             |

Продолжение табл. 8.5

| Причина неисправности                                                                                                                | Способ обнаружения                                                                                     | Способ устранения                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| указателей поворота или выключателя аварийной сигнализации                                                                           |                                                                                                        | соединений                                                                             |
| Вышел из строя выключатель аварийной сигнализации                                                                                    | Проверка выключателя контрольной лампой                                                                | По возможности разобрать и отремонтировать выключатель, при необходимости заменить его |
| <b>Не работает контрольная лампа указателей поворота</b>                                                                             |                                                                                                        |                                                                                        |
| Перегорание лампы в одном из указателей поворота                                                                                     | Разборка указателя поворота и проверка целостности спирали в лампе                                     | Неисправную лампу заменить                                                             |
| <b>Не фиксируются рычаги переключателей указателей поворота и света фар</b>                                                          |                                                                                                        |                                                                                        |
| Разрушение гнезд фиксаторов рычага                                                                                                   | Оценка технического состояния механизма переключения после снятия переключателя с автомобиля           | Неисправный переключатель заменить                                                     |
| Выскакивание шарика фиксатора                                                                                                        | Разборка переключателя после снятия со штатного места                                                  | Устранить неисправность фиксатора и установить шарик фиксатора на место                |
| <b>Указатели поворота не выключаются автоматически после завершения маневрирования</b>                                               |                                                                                                        |                                                                                        |
| Сильный износ или разрушение механизма, обеспечивающего возвращение рычага переключателя указателей поворота в нейтральное положение | Проверка механизма возвращения рычага переключателя в нейтральное положение после снятия переключателя | Неисправный переключатель заменить                                                     |
| <b>Рычаги переключателей указателей поворота и света фар не перемещаются</b>                                                         |                                                                                                        |                                                                                        |
| Заедание шариков фиксаторов рычага, сектора возврата рычага переключателя                                                            | Проверка работы механизма фиксации рычага переключателя после его снятия                               | По возможности устранить заедание шарика, при необходимости заменить                   |

## Окончание табл. 8.5

| Причина неисправности                  | Способ обнаружения                                                      | Способ устранения                                                                                                   |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Фары плохо освещают дорогу</b>      |                                                                         |                                                                                                                     |
| Нарушение регулировки фар              | Проверка регулировки фар                                                | Отрегулировать фары                                                                                                 |
| Повреждение или потускнение отражателя | Проверка состояния отражателя осмотром                                  | Заменить оптический элемент фары                                                                                    |
| Загрязнение рассеивателя               | Проверка состояния рассеивателя                                         | Очистить рассеиватель                                                                                               |
| Затемнение колбы лампы                 | Проверка наличия затемнения колбы после ее извлечения из узла крепления | Лампу с затемненной колбой заменить. Перед установкой в фару колбу галогенной лампы рекомендуется протереть спиртом |

Световая отдача лампы уменьшается при увеличении сопротивления переходных контактов в штекерных соединениях, не защищенных от пыли, грязи или влаги. Неисправность в цепях электроснабжения световых приборов определяют по падению напряжения в них, измеряя напряжение в начале и конце цепи вольтметром. Падение напряжения в электрических цепях фар головного освещения, сигналов торможения и указателей поворота не должно быть выше 0,9 и 0,6 В соответственно для 12– и 24–вольтовых систем электрооборудования. В цепи электроснабжения остальных световых приборов падение напряжения должно составлять 0,6 и 0,4 В. При большем падении напряжения необходимо проверить надежность соединений и техническое состояние коммутационной аппаратуры.

### Техническое обслуживание световых приборов

При длительной эксплуатации, даже в случае точного выполнения правил технического обслуживания, изменяются оптические свойства рассеивателей. Они подвергаются воздействию твердых частиц и солнечных лучей. Относительно мягкие рассеиватели из пластмассы покрываются микровпадинами и сетью царапин, красители выцветают, у рассеивателя изменяется цвет и увеличивается коэффициент пропускания. Рассеиватель может потерять форму при перегреве, если лампа большой мощности (21 Вт) длительное время работает во время стоянки автомобиля. При наличии на цветном рассеивателе сколов или трещин сигнал светового прибора воспринимается двухцветным, белый цвет может подавить основной цвет сигнала, исказить передаваемую информацию и усилить слепящее действие светового прибора. Поврежденные рассеиватели следует заменить.

Не допускается самостоятельная замена рассеивателя круглой фары. Рассеиватели круглых фар строго ориентированы относительно посадочного места под лампу, что обеспечивается только в заводских условиях, поэтому заменяют весь оптический элемент. Решение о замене оптического элемента

фары принимают по результатам измерения силы света при номинальном напряжении на лампах и правильной их регулировке. Сила света должна быть не менее 85 000 кд.

У отражателей световых приборов обычно нарушаются оптические свойства рабочей поверхности из-за коррозии при недостаточной вентиляции. Нельзя протирать рабочую поверхность. Это приводит к образованию царапин и искажению структуры светового пучка. Светораспределение прибора изменяется также при нарушении формы отражателя, отслоении алюминиевого покрытия от его рабочей поверхности.

Весьма специфично проявляется нарушение контакта светового прибора с «массой». В двухфарных системах освещения в фаре, у которой отсутствует контакт с корпусом автомобиля, очень слабо светятся обе нити лампы, так как при включении ближнего света нить ближнего света соединяется с корпусом через нити дальнего света ламп обеих фар. При этом горит контрольная лампа дальнего света. С меньшей световой отдачей будут работать в проблесковом режиме оба задних указателя поворота при нарушении контакта с «массой» у заднего группированного светового прибора. При этом могут гореть и лампы других сигнальных фонарей.

Обрыв в цепях электроснабжения источников света вследствие перегорания нитей ламп накаливания или нарушения соединений в сети и коммутационной аппаратуре приводит к внезапным отказам. Эти неисправности могут быть обнаружены внешним осмотром световых приборов. Ухудшение светотехнических характеристик отдельных световых приборов в процессе эксплуатации приводит к постепенному отказу системы. Неисправности, связанные с постепенным отказом, могут быть обнаружены только при использовании специальных измерительных приборов.

Внешний осмотр световых приборов автомобиля необходимо проводить ежедневно. Он позволяет выявить внезапный отказ светового прибора или его механическое повреждение. При ежедневном техническом обслуживании следует проверять состояние рассеивателей, работу всех световых приборов в различных положениях выключателей и переключателей света, исправность контрольных ламп. Особое внимание нужно обратить на цвет передних и задних фонарей во включенном состоянии, на правильность функционирования сигналов торможения и указателей поворота. Сигналы торможения должны быть красного цвета равной интенсивности. Частоту проблеска указателей поворота можно проверить с помощью наручных часов с секундной стрелкой (10 световых импульсов в течение 5–10 с). Обнаруженная неисправность должна быть немедленно устранена. Эксплуатация автомобиля с неисправным световым прибором из обязательного комплекта не допускается.

При ТО–1 выполняют операции ежедневного обслуживания, проверяют крепление фар, передних и задних фонарей, работу всех выключателей и переключателей, надежность соединений в цепях электроснабжения световых приборов. При ТО–2 проводятся операции ТО–1, а также проверяют светораспределение, измеряют силу света фар и определяют необходимость их регулирования. При ТО–1 и ТО–2 систему освещения и световой сигнализации проверяют с помощью приборов.

Контроль работоспособности световых приборов, непосредственно влияющих на безопасность движения, целесообразно проводить при выполнении транспортной работы на линии. Исправность фонарей во время движения автомобиля можно оценить по свету, отраженному от объектов дорожной обстановки. Так, правильность функционирования сигналов торможения можно проверить, наблюдая через зеркало заднего вида фары стоящего сзади автомобиля. Если при движении автомобиля включен ближний свет, а водителю часто сигнализируют о необходимости переключения света, то нарушена регулировка фар и неисправность нужно немедленно устранить.

Неисправности выключателей, переключателей, реле и прерывателей тока указателей поворота системы освещения и световой сигнализации необходимо определять с помощью контрольных ламп в соответствии со схемами внутренних соединений и коммутации. Зазоры между контактами реле, усилия перемещения рычагов переключателей свободного хода и рабочего перемещения штоков выключателей фонарей заднего хода и диафрагм выключателей сигналов торможения регулируют в соответствии с техническими условиями на данный коммутационный аппарат.

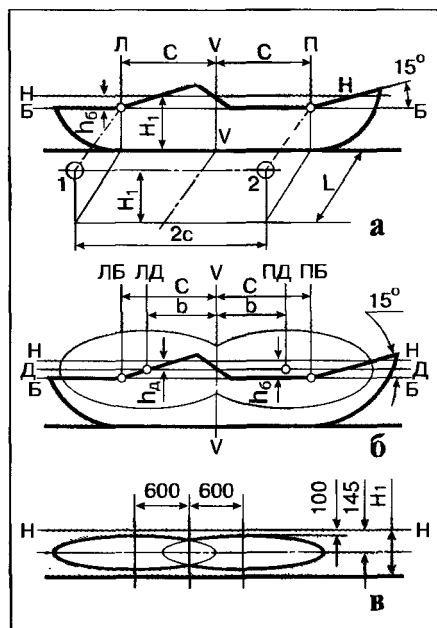


Рис. 8.40. Разметка экрана для регулировки фар:

а – двухфарная система с европейским асимметричным светом; б – четырехфарная система; в – противотуманные фары; 1 – левая фара; 2 – правая фара

### Регулировка световых приборов

Световой поток двухфарной системы с европейской системой светораспределения регулируют на специальном посту с помощью экрана, имеющего соответствующую разметку (рис. 8.40). Пост должен иметь горизонтальную площадку и приспособление для размещения автомобиля в соответствующем положении относительно экрана. В качестве экрана может быть использована стена. Поверхность экрана должна быть строго перпендикулярна к рабочей площадке и находиться от нее на расстоянии  $L$  не менее 5 м. Обычно это расстояние 5 или 10 м. Фары регулируют при наличии водителя в салоне или кабине на легковых автомобилях и других транспортных средствах, масса которых не превышает 2 т. Грузовые автомобили при регулировании фар не загружают. Пост для регулировки фар может быть дополнительно оснащен прибором для измерения силы света.

Горизонтальная линия НН (рис. 8.40, а) на экране проходит на уровне фокальных точек отражателей фар (на расстоянии  $H_1$  от горизонтальной площад-

ки). Линия ББ расположения горизонтальных участков, освещаемой ближним светом зоны находится ниже линии НН на расстоянии  $h_6$ .

Наклонные линии светотеневой границы начинаются в точках пересечения горизонтали НН с вертикалями Л и П, соответствующими центрам фар, и направлены вверх под углом  $15^\circ$ . Вертикальная линия ВВ находится в продольной плоскости симметрии автомобиля. Световой поток двухфарной системы освещения с европейским светораспределением регулируют винтами 3 (см. рис. 8.10) или ручками 10 и 11 (см. рис. 8.12) по ближнему свету фар таким образом, чтобы границы освещенной и неосвещенной зон совпадали с горизонтальными и наклонными участками разметочной линии на экране.

Рекомендуется регулировать фары при существенном изменении нагрузки автомобиля и движении по шоссе ночью. На автомобилях ВАЗ моделей 2105, 2107, 2109, «Москвич»-2141 и ГАЗ-3102 для этих целей используют компенсатор нагрузки.

После проверки ближнего, а затем дальнего света одной фары проверяют другую фару, при этом свет нерегулируемой фары перекрывают непрозрачной заслонкой.

Экран для регулирования четырехфарной европейской системы освещения имеет дополнительную линию ДД, проведенную под горизонталью НН на расстоянии  $h_d$  (рис. 8.40, б). Вертикали ЛБ, ПБ и ЛД и ПД расположены в вертикальных плоскостях, проходящих через центры наружных и внутренних фар. Световой пучок наружных фар с европейским асимметричным распределением ближнего света регулируют так же, как в двухфарной системе. После этого закрывают наружные фары и последовательно одну из внутренних фар. Включая дальний свет, регулировочными винтами устанавливают оптические элементы в положение, в котором центры световых пятен внутренних фар дальнего света совпадают с точками пересечения вертикальных линий ЛД и ПД с горизонталью ДД.

Для регулировки противотуманных фар ненагруженный автомобиль устанавливают на расстоянии 5 м от экрана. Противотуманную фару 11.3743 регулируют так, чтобы верхняя граница светового пятна совпадала на экране с горизонталью, проведенной на 100 мм ниже линии высоты центров фар (рис. 8.40, в).

После регулирования фар головного освещения автомобилей ВАЗ световые пятна на экране должны иметь вид, показанный на рис. 8.41.

При техническом обслуживании автомобилей широко используют реглоскопы – устройства со встроенной оптической системой для регулировки фар. Они отличаются системой ориентации оптической оси прибора относительно базовых элементов автомобиля. В качестве таких элементов используют колеса передней или задней оси, различные симметричные точки кузова. Система ориентации может быть механической, нивелирной, лучевой и зеркальной.

Высокой точностью и универсальностью обладает реглоскоп К-303 (рис. 8.42). Прибор передвижной и может быть использован для проверки фар на любой горизонтальной площадке. Тележку 4 прибора устанавливают перед автомобилем так, чтобы ось камеры 3 с линзой 5 совпала с осью рассеивателя проверяемой фары. Включают целевой прожектор 1 и по линии пересечения световой плоскости с передней частью автомобиля проводят окончательную коррекцию камеры 3 относительно стойки 2 без перемещения тележки. Фиксируют положение камеры отно-

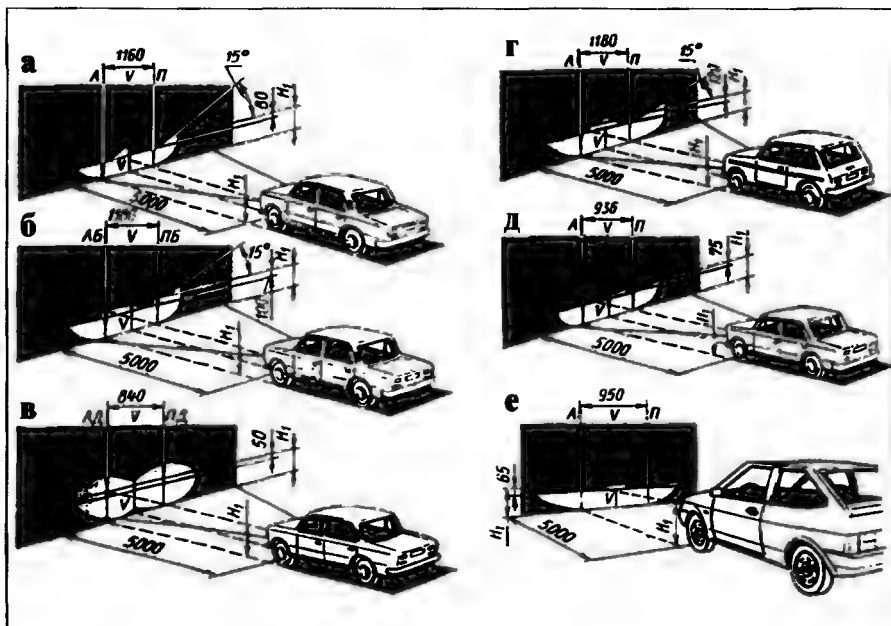


**Рис. 8.41. Световые пятна отрегулированных фар автомобилей ВАЗ разных моделей:**

**а** – 2101, 2102, 21011, 21013; **б** – 2103, 2106 (наружные); **в** – 2103, 2106 (внутренние); **г** – 2121; **д** – 2105, 2104, 2107; **е** – 2108, 2109

сительно стойки. Пучок света фары направляется в оптическую камеру и линзой проецируется на экран 8 в виде светового пятна. По расположению светового пятна на экране оценивают структуру светового пучка и точность регулирования фары. Сила света определяется по силе тока, регистрируемой микроамперметром 7.

При использовании реглоскопа ПРАФ-3 (рис. 8.43) с зеркальной ориентацией оператор наблюдает не автомобиль, а его изображение в зеркале. Зеркало может вращаться вокруг оси, перпендикулярной к оси оптической камеры, но параллельной плоскости опоры основания. Этим обеспечивается повышенная точность ориентации в вертикальной плоскости. Оператор устанавливает реглоскоп в такое положение, при котором изображения двух любых симметричных точек на автомобиле находятся на юстировочной линии зеркала системы ориентации. После включения фары проверяют совпадение линии светотеневой границы ближнего света с линиями разметки на экране. Реглоскоп ПРАФ-3 имеет приспособление, автоматически учитывающее требование изменять угол наклона фары в зависимости от высоты ее установки. В режиме дальнего света на экране реглоскопа наблюдают расположение центра светового пятна максимальной интенсивности.

Положение фары регулируют при повернутой вдоль оптической оси камере (рис. 8.43, а) и открытой крышке. Силу света фонарей и фар измеряют при положении светоделительной пластины 2 под углом  $45^\circ$  к оптической оси и закрытой крыш-

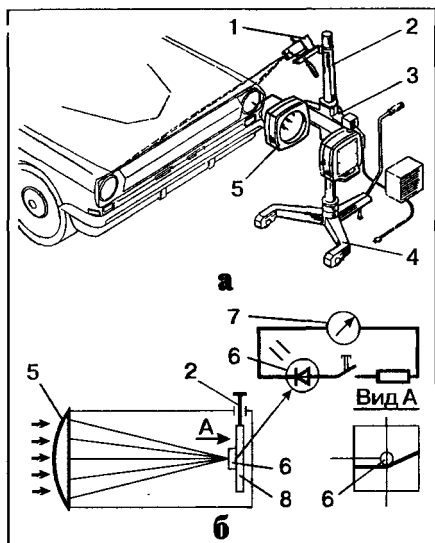


**Рис. 8.42. Реглоскоп К-303:**

а – общий вид; б – схема оптической камеры; 1 – щелевой проектор; 2 – стойка; 3 – оптическая камера; 4 – тележка; 5 – линза; 6 – фотоэлемент; 7 – микроамперметр; 8 – экран

ке (рис. 8.43, б). Контроль световозвращателя осуществляется при включенном источнике света 1 (рис. 8.43, в). Излучение от источника света проходит через диафрагму, светоделительную пластину, объектив и попадает на световозвращатель. После отражения от световозвращателя свет преломляется в светоделительной пластине и поступает в фотоприемник, индуцируя фототок, пропорциональный отражательной способности контролируемого световозвращателя.

Силу света светосигнальных фонарей измеряют стандартными люксметрами или с помощью фотоэлемента и микроамперметра. Фотоэлемент располагают на расстоянии 2,5–3,0 м от проверяемого фонаря. Цвет светосигнальных приборов контролируют визуально.

Контроль временных параметров проблесков – времени до первого зажигания, частоты следования проблесков, скважности фонарей указателей поворота обеспечивается синхронным включением измерительного блока и цепи фонаря при индикации светового сигнала от источника света указателей поворотов. Первые два параметра могут быть измерены непосредственно секундомером, однако точность измерения в этом случае существенно меньше.

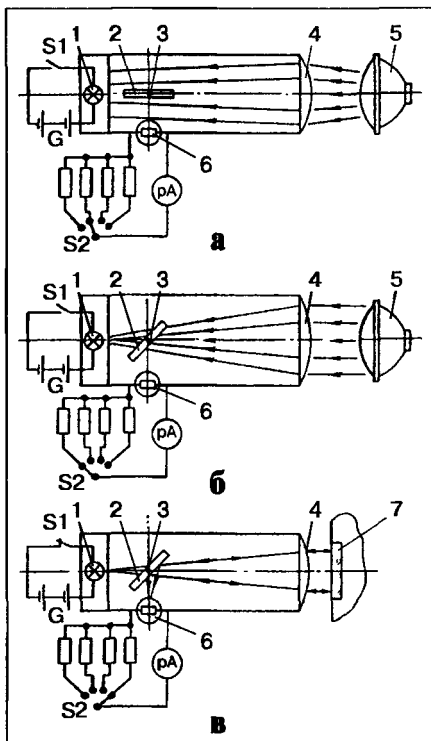


**Рис. 8.43. Оптическая камера прибора ПРАФ-3 в рабочем положении:**

а – при регулировании фары; б – при измерении силы света; в – при контроле световозвращателя; 1 – источник света; 2 – светоделительная пластинка; 3 – ось поворота пластины; 4 – объектив; 5 – фара; 6 – источник электроснабжения; 7 – световозвращатель



## 8.9. Звуковые сигналы

### Устройство. Принцип работы. Схемы управления

Звуковые сигналы предназначены для обеспечения безопасности движения автомобилей. Их используют для оповещения пешеходов и водителей о приближении автомобиля или о состоянии его рабочих агрегатов. Звуковые сигналы включаются также в противоугонные системы.

Звуковые сигналы по характеру звучания подразделяют на шумовые и тональные, по устройству – на рупорные и безрупорные, по роду тока – на сигналы постоянного и переменного тока. По принципу действия различают электрические вибрационные и электропневматические звуковые сигналы. Звуковое давление должно быть в пределах 85–125 дБ.

По устройству и принципу действия шумовые и тональные сигналы значительно отличаются друг от друга. Шумовые безрупорные звуковые сигналы имеют упрощенную конструкцию и настроены на один музыкальный тон. Наиболее широко распространены электрические вибрационные звуковые сигналы сравнительно малой мощности (40–60 Вт), обладающие хорошим звучанием.

Один вывод безрупорного шумового сигнала постоянного тока С304 соединен с аккумуляторной батареей, а второй с выключателем, замыкающим цепь электроснабжения обмотки 15 (рис. 8.44) электромагнита с сердечником 13 на «массу». При включении сигнала электромагнит притягивает якорь 17, вместе с которым перемещается мембрана 18 с резонатором 19. В конце хода якорь нажимает на пружинную пластину 5, размыкая контакты 9 прерывателя. Цепь электроснабжения электромагнита обесточивается, и под действием упругой силы мембрана движется в обратном направлении, вновь замыкая контакты 9 прерывателя. Далее цикл движения якоря с мембраной периодически повторяется.

Вибрация мембраны передается резонатору 19. От частоты колебаний

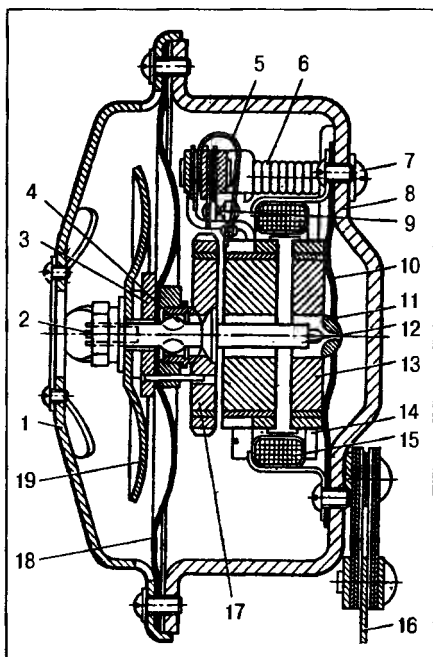


Рис. 8.44. Безрупорный шумовой сигнал:

1 – крышка; 2 – шлиц для регулировки; 3 – прижимная шайба; 4 – шпоночный выступ; 5 – пружина прерывателя; 6 – пружина регулировочного винта; 7 – регулировочный винт; 8 – корпус; 9 – контакты прерывателя; 10 – центрирующая пружина; 11 – упор стержня; 12 – стержень; 13 – сердечник электромагнита; 14 – конденсатор; 15 – обмотка электромагнита; 16 – пружинная подвеска; 17 – якорь; 18 – мембрана; 19 – резонатор

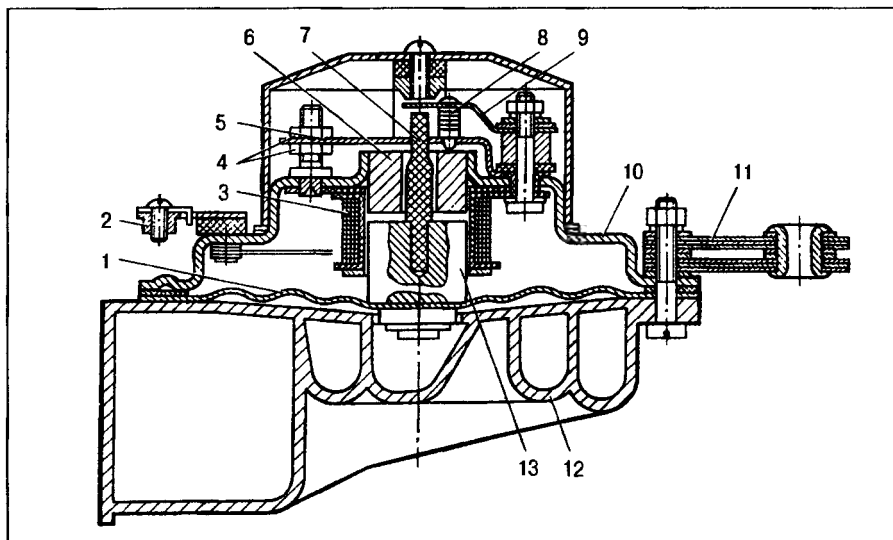


**Рис 8.45. Тональный рупорный сигнал:**

1 – мембрана; 2 – изолированный вывод обмотки; 3 – обмотка электромагнита; 4 – регулировочные гайки; 5 – пластина неподвижного контакта; 6 – сердечник электромагнита; 7 – упорный штифт; 8 – контакты; 9 – пружина подвижного контакта; 10 – корпус; 11 – подвеска сигнала; 12 – рупор; 13 – якорь

мембраны и резонатора зависит высота тона звучания сигнала и нужный частотный диапазон звукоизлучения. Качество звучания сигнала регулируется винтом 7, расположенным на корпусе 8 с внешней стороны. Регулировочный винт изменяет положение контактов 9 прерывателя относительно якоря 17.

Мембрана 18 по периферии зажимается винтами между корпусом 8 и крышкой 1. Центральной частью мембрана жестко связана с якорем. Подбором прокладок между корпусом и мембраной регулируется зазор между якорем и сердечником. От зазора между якорем и сердечником зависит громкость, тон и сила потребляемого сигналом тока.

Тональный сигнал имеет корпус 10 (рис. 8.45), электромагнит с обмоткой 3 и сердечником 6 и якорем 13, прерыватель с контактами 8 и мембрану 1. Резонатором в тональном сигнале является столб воздуха, заключенный в рупоре 12. Конфигурация рупора обеспечивает взаимную настройку частот колебаний мембраны и воздушного столба, чем достигается получение громкого звука определенного тона. Конечный рупор расширяется для эффективного излучения звука.

Схемы управления двумя звуковыми сигналами на автомобилях ВАЗ, «Москвич»-2141, -21412, -2140, -2140SL, -412ИЭ приведены на рис. 8.46 и 8.47. Комплект сигналов, как правило, включает два безрупорных или два рупорных сигнала (низкого и высокого тонов), настроенных на совместную работу. Основные частоты звука параллельно соединенных сигналов с разницей в 65–100 Гц гар-

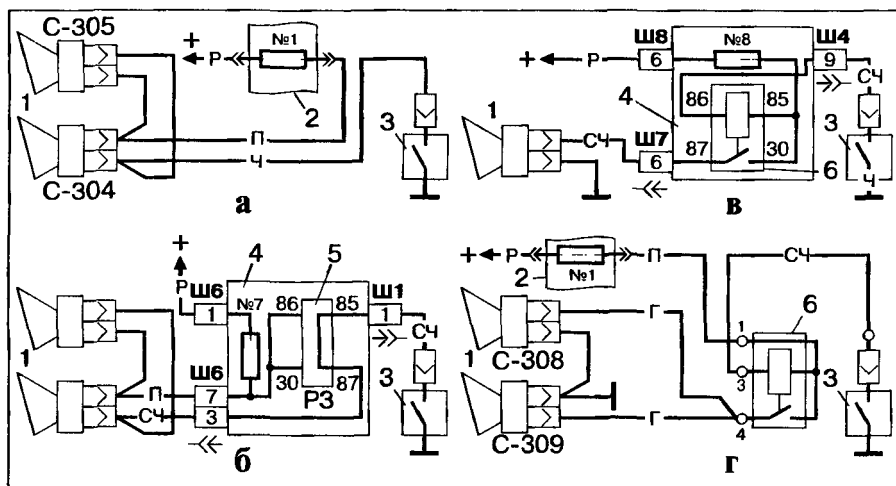


**Рис. 8.46. Схемы соединения звуковых сигналов автомобилей ВАЗ:**

**а** – ВАЗ–2101, –2102, –21011, –21013, –2121; **б** – ВАЗ–2103, –2106; **в** – ВАЗ–2105, –2104, –2107; **г** – ВАЗ–2108, –2109; 1 – звуковой сигнал; 2 – блок предохранителей; 3 – выключатель сигнала; 4 – блок реле и предохранителей (монтажный блок); 5 – контактная перемычка (в автомобилях ВАЗ–2107 вместо перемычки устанавливается реле); 6 – реле включения сигналов

монично сочетаются. Наиболее хорошо перекрывают шум дорожного движения и слышны в кабине обгоняемого автомобиля сигналы, частотный спектр которых находится в пределах 1800–3550 Гц.

Так как тональные сигналы потребляют значительный ток, недопустимый для кнопочных выключателей, подключение их к источнику тока осуществляется с помощью электромагнитного реле.

### **Техническое обслуживание звуковых сигналов**

Причиной отказа в работе системы звуковой сигнализации может быть неисправность самого сигнала, перегорание предохранителя, обрыв или короткое замыкание в цепях электроснабжения, выход из строя реле или выключателя. Для поиска неисправностей используют тестер и контрольную лампу.

Если сигнал не работает при подключении непосредственно к аккумуляторной батарее, его следует отремонтировать или заменить. В случае срабатывания сигнала последовательно проверяют предохранитель, выключатель сигнала и соединительные провода.

Периодически следует проверять надежность крепления звукового сигнала, качество электрических соединений и очищать сигнал от загрязнений.

Регулируют звуковые сигналы только в случае появления хрипа или снижения громкости звучания. Регулировку осуществляют поворотом винта 7 (см. рис. 8.44) до появления чистого и громкого звучания.

Комплект сигналов высокого и низкого тонов регулируют и настраивают на

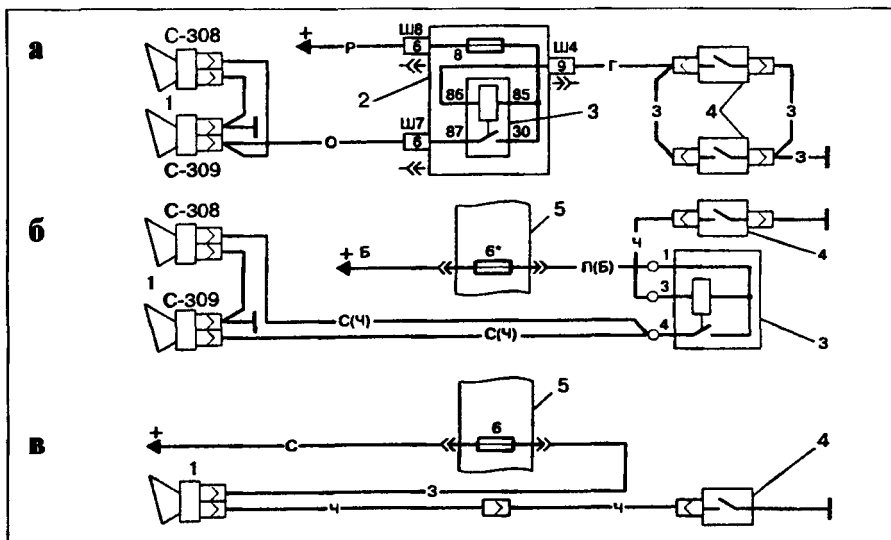


**Рис.8.47. Электрическая схема управления звуковыми сигналами автомобилей «Москвич»:**  
 а – «Москвич»–2141, –21412; б – «Москвич»–2140, –2140SL; в – «Москвич»–412ИЗ; 1 – звуковые сигналы; 2 – блок реле и предохранителей; 3 – реле звуковых сигналов; 4 – выключатели звуковых сигналов; 5 – блок предохранителей

совместную работу в специализированных мастерских.

Основные неисправности звуковых сигналов, внешние признаки их проявления и способы устранения приведены в табл. 8.6.

**Таблица 8.6 Основные неисправности звуковых сигналов и способы их устранения**

| Причина неисправности                                                 | Способ устранения                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>При нажатии на кнопку сигнал не работает или звучит прерывисто</b> |                                                                                        |
| Обрыв в цепи кнопочного выключателя сигнала                           | Осмотреть проводку, устранить обрыв                                                    |
| Перегорание предохранителя                                            | Найти и устранить причину перегорания предохранителя                                   |
| Плохой контакт в кнопочном выключателе, выводах сигнала или реле      | Восстановить контакт, подтянув винт выводов, зачистив контакты от окислов, пыли, масла |
| Отказ в работе реле сигнала                                           | Заменить реле                                                                          |

Окончание табл. 8.6

| Причина неисправности                                                                                                           | Способ устранения                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <p><b>Сигнал звучит слабо и хрипло при неработающем двигателе.</b><br/> <b>При работе двигателя сигнал звучит нормально</b></p> |                                                       |
| Разряд или выход из строя аккумуляторной батареи                                                                                | Зарядить или заменить аккумуляторную батарею          |
| <p><b>Сигнал звучит слабо и хрипло на всех режимах работы двигателя</b></p>                                                     |                                                       |
| Подгорание контактов прерывателя сигнала                                                                                        | Зачистить контакты и отрегулировать сигнал            |
| Подгорание контактов реле                                                                                                       | Зачистить контакты реле                               |
| <p><b>При проверке от аккумуляторной батареи сигнал не звучит и не потребляет ток</b></p>                                       |                                                       |
| Обрыв в цепи катушки электромагнита                                                                                             | Заменить сигнал                                       |
| Нарушение регулировки контактов прерывателя сигнала                                                                             | Отрегулировать сигнал поворотом регулировочного винта |
| <p><b>При проверке от аккумуляторной батареи сигнал не звучит, но потребляет ток</b></p>                                        |                                                       |
| Спекание контактов прерывателя сигнала                                                                                          | Заменить сигнал                                       |

Для зачистки контактов прерывателя следует разобрать сигнал. При его сборке следует сохранить первоначальный зазор между якорем и сердечником электромагнита, поэтому прокладку между корпусом сигнала и мембраной желательно не заменять. Ее следует очистить от пыли и грязи и установить на место.

## Информационно-измерительная система

Основной функцией информационно-измерительной системы является обеспечение водителя информацией о режиме движения, работоспособности или состоянии агрегатов автомобиля и автомобиля в целом. В этом смысле информационно-измерительная система подобна системе освещения и световой сигнализации, так как у обеих систем существует общая задача – обеспечение водителя необходимой информацией.

Если к общепромышленным приборным системам предъявляются, в основном, требования по достаточной точности, то для автомобильных систем важна информативность, оцениваемая временем, необходимым для правильного считывания информации, или количеством ошибок в считывании информации при ограниченном времени считывания. Действительно, чем на меньшее время водитель отводит взгляд от дорожной обстановки, тем выше безопасность движения.

Уровень информативности обеспечивается конструкцией как самих приборов, так и компоновкой их на приборном щитке. При размещении приборов на приборном щитке используется зонально-функциональный принцип – наиболее важные, связанные с безопасностью движения, приборы, к которым водитель часто обращается, например, приборы контроля скоростного режима работы двигателя и автомобиля, размещаются в центральной зоне, приборы, обращение к которым производится достаточно редко, например, информирующие о расходе топлива, состоянии системы электроснабжения – устанавливаются в зонах меньшей информативности. Оптимальный угол обзора, в котором размещаются приборы на щитке, должен составлять без перевода взгляда  $30^\circ - 40^\circ$  по горизонтали, с переводом взгляда  $50^\circ - 60^\circ$ , а с поворотом головы  $90^\circ$ . В вертикальной плоскости максимально допустимые углы обзора щитка должны укладываться в диапазон  $30^\circ$  вверх и  $40^\circ$  вниз от линии взгляда водителя.

Информативность приборного щитка может быть повышена отображением показаний приборов на ветровом стекле, что позволяет водителю считывать их показания, не отрывая глаз от дороги. Шкалы приборов должны выполняться так, чтобы считывание показаний не вызывало затруднений. Этому способствует расцветка шкал по зонам, соответствующим определенной информации – нормально – зеленый цвет, предупреждение – желтый, аварийные величины – красный с оцифровкой в конце зон. Цифры на шкале должны иметь вертикальное расположение, а если шкала вращается, то должны располагаться вертикально при приближении к неподвижному указателю, подвеска шкал не должна создавать бликов на защитном стекле. Световые сигнализаторы должны обеспечивать достаточную яркость для восприятия их водителем. Для аварийных сигнализаторов применяется красный мигающий свет с частотой 3–5 Гц.

По способу отображения информации приборы информационно-измерительной системы делятся на указывающие и сигнализирующие. Указывающие при-

боры имеют шкалу, на которой высвечиваются, указываются стрелкой, световым индикаторным столбиком или другим способом значения измеряемой величины. сигнализирующие приборы снабжают водителя информацией обычно об одном, как правило, аварийном значении измеряемого параметра, причем информируют об этом звуковым или световым сигналом. Количество сигнализирующих приборов на автомобиле непрерывно увеличивается, так как они облегчают управление автомобилем.

Каждый прибор имеет ту или иную степень точности, т.е. указывает измеряемую величину с некоторой погрешностью – абсолютной или относительной – по отношению к действительному значению. Эта погрешность складывается из двух частей – основной, свойственной нормальным условиям эксплуатации, и дополнительной, вызываемой воздействием внешних условий, – изменением окружающей температуры, напряжения питания и т.п. Автомобильные приборы обычно имеют повышенную точность в наиболее ответственных для безопасности движения участках шкалы. Приборы характеризуются также способностью реагировать на минимальное значение измеряемой величины – порогом чувствительности прибора, а также самой величиной чувствительности – отношением перемещения конца стрелки к соответствующему изменению измеряемой величины.

По своему конструктивному исполнению приборы делятся на механические и электрические. Отдельный класс составляют электронные измерительные системы. В механических приборах используют для передачи воздействия на стрелку от места измерения сложные механические, пневматические или иные передачи. В настоящее время приборы такого типа применяются на автомобилях только в качестве шинных манометров.

Электрические измерительные приборы состоят из датчика и указателя (приемника), соединенных между собой проводами. Датчик устанавливается в месте измерения и преобразует измеряемую физическую величину в электрический сигнал. В приемнике этот сигнал испытывает обратное преобразование с помощью стрелки и шкалы, отградуированной в единицах физической измеряемой величины.

Электронные измерительные системы расширяют возможности как в количестве контролируемых параметров, так и в способах отображения информации. В частности, в таких системах приборный щиток может быть заменен дисплеем.

По своему назначению приборы информационно-измерительной системы делятся на термометры, измерители давления, измерители уровня топлива, измерители зарядного режима аккумуляторной батареи (амперметры, вольтметры), измерители скорости автомобиля и пройденного пути (спидометры, одометры), измерители частоты вращения коленчатого вала двигателя (тахометры).

К автомобильным приборам относятся также тахографы, вычерчивающие на контрольном диске условия движения, и эконометры, позволяющие подобрать режим движения, оптимальный по расходу топлива.

Конструктивно автомобильные приборы могут изготавливаться как отдельные изделия или в виде объединений приборов в щитки или комбинации. Объединение приборов в щитки и комбинации повышает информативность, обеспечивает компактность установки и упрощает монтаж приборов за счет применения печатного монтажа, в том числе гибкого.

## 9.1. Датчики электрических приборов

### 9.1.1. Реостатные датчики

Реостатные датчики применяются там, где в электрической части измерительной системы используется для замеров метод сопротивлений. По этому методу величина сопротивления на выходе реостата изменяется в связи с изменением физической величины. По своей сути реостатный датчик является датчиком перемещения (рис. 9.1) – сопротивление на выходе реостатного датчика изменяется с перемещением его ползунка в соответствии с выражением

$$R = R_0 + JX,$$

где  $R_0$  – начальное значение сопротивления на выходе датчика;

$J$  – крутизна изменения сопротивления.

Чем выше крутизна  $J$ , тем чувствительнее датчик, однако слишком большая величина чувствительности связана с ростом общего сопротивления датчика и, следовательно, с протеканием по нему малых значений силы тока, которые трудно измерить достаточно грубым и дешевым автомобильным измерителем.

Ранее реостатные датчики выполнялись исключительно намоткой провода с высоким удельным сопротивлением (нихром, константан) на каркас (рис. 9.1, а). Однако такое исполнение датчика приводит к наличию на его выходе зоны нечувствительности при перемещении ползунка в пределах диаметра провода.

Поэтому последние реостатные датчики выполняются намазными из проводящих паст на подложке (рис. 9.1, б). Реостатный датчик может быть выполнен не обязательно с изменением выходного сопротивления по линейному закону,

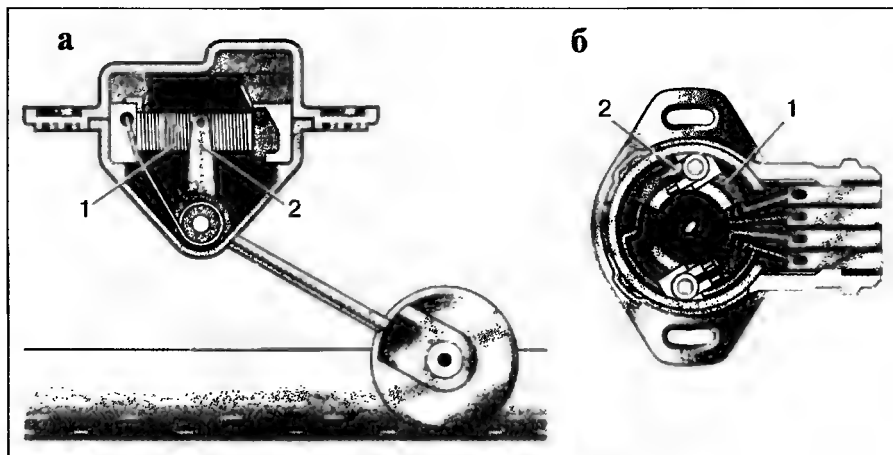


**Рис. 9.1. Реостатный датчик:**

а – с проволочной навивкой; б – намазной; 1 – сопротивление реостата; 2 – ползунок



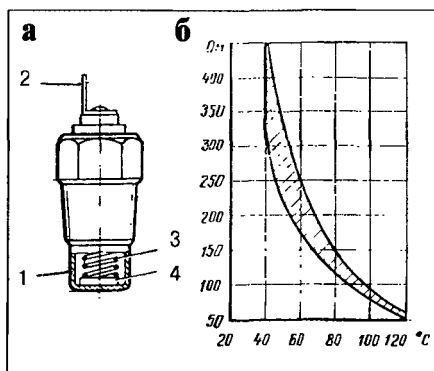


**Рис. 9.2. Терморезистивный датчик ТМ100А:**  
 а – конструкция; б – зависимость сопротивления от температуры; 1 – корпус; 2 – вывод;  
 3 – пружина; 4 – терморезистор

нелинейность обеспечивается созданием соответствующего профиля проводящей дорожки.

Обычно реостатный датчик совмещают с датчиком, превращающим измеряемую величину в перемещение ползунка. Например, мембрана датчика давления перемещает ползунок, и на выходе совмещенного датчика возникает электрический сигнал в соответствии с измеряемым давлением. Недостатком реостатного датчика является возникновение в нем дополнительной погрешности при изменении температуры окружающей среды.

### 9.1.2. Терморезистивные датчики

Чувствительным элементом терморезистивного датчика является полупроводниковое термосопротивление, отличительная особенность которого состоит в том, что изменение температуры вызывает значительное изменение его сопротивления. Конкретная связь температуры и сопротивления зависит от материала и размеров чувствительного элемента, поэтому величина сопротивления при заданной температуре имеет довольно широкий разброс. На рис. 9.2, б, представлена зависимость сопротивления от температуры терморезистивного датчика ТМ100А, а на рис. 9.2, а – его конструктивное исполнение. Терморезистивный датчик выполняется в виде латунного баллона с резьбой и шестигранником под ключ для ввертывания в место измерения.

“Таблетку” терморезистора прижимает к основанию баллона пружина, осуществляющая одновременно подвод напряжения к “таблетке”. Пружина изолируется от стенок баллона изоляционной втулкой, конец ее соединен с выводом датчика. Внутренняя полость баллона герметизирована, что делает конструкцию датчика неразборной.

### 9.1.3. Термобиметаллические датчики

Термобиметаллические датчики применяются как в сигнализирующих, так и указывающих приборах импульсной системы.

Основной частью термобиметаллического датчика является тонкая двухслойная пластинка (термопара), выполненная из двух слоев металлов с разными значениями температурного коэффициента линейного расширения, соединенных методом плакирования. Активный слой имеет больший коэффициент линейного расширения и выполняется обычно из инвара, пассивный, с меньшим коэффициентом линейного расширения, – из хромоникелевой или молибденовой стали. При нагреве биметаллическая пластинка прогибается в сторону пассивного слоя тем сильнее, чем больше температура окружающей среды. При этом может замыкаться или размыкаться контактная пара, подвижный контакт

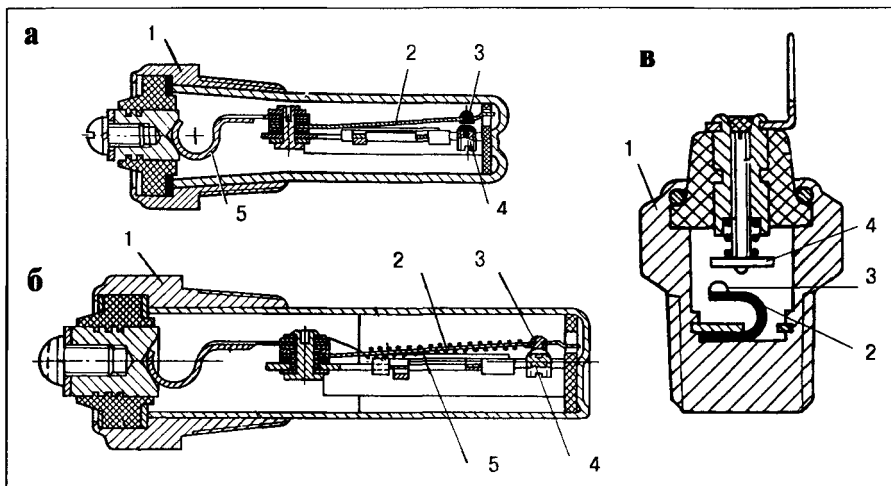


**Рис. 9.3. Термобиметаллические датчики:**

*а – с плоским термобиметаллом; б – со спиралью; в – с фигурным термобиметаллом; 1 – корпус; 2 – термобиметалл; 3 – подвижный контакт; 4 – неподвижный контакт; 5 – нагревательная спираль*

которой закреплен на конце пластины. Устройство термобиметаллических датчиков представлено на рис. 9.3, а, б и в.

Датчики допускают регулировку температуры включения винтом перемещения неподвижных контактов. Термобиметаллический датчик указывающих приборов снабжен нагревательной спиралью, включенной последовательно с контактами датчика (рис. 9.3, в). Включение датчика зависит от суммарной температуры окружающей среды и развиваемой нагреваемой спиралью, т.е. от величины силы тока, протекаемого в спирали. Такие датчики применяются только с указателями импульсной системы.

#### **9.1.4. Датчики давления**

Обязательным элементом датчика давления является мембрана – плоская или гофрированная пластина, выполненная из бронзы или какого-либо иного упругого материала, жестко зажатая по краям. Герметичная полость, расположенная под мембраной, должна соединяться через штуцер с полостью измерения давления. В большинстве случаев мембрану снабжают жестким центром, на котором укрепляют устройство, связывающее мембрану с передающим механизмом. С изменением давления мембрана прогибается и ее жесткий центр перемещается. Связь перемещения жесткого центра  $h$  с величиной измеряемого давления  $P$ , как показано на рис. 9.4, а, нелинейна, причем гофрированная мембрана при прочих равных условиях более чувствительна к изменению давления, чем плоская. Отличие датчиков давления друг от друга в основном состоит в том, как в них перемещение жесткого центра преобразуется в электри-

ческий сигнал. Это зависит от системы измерения, в которой используется датчик. На рис. 9.4, б, изображен датчик давления масла, снабженный реостатным датчиком. Толкатель, закрепленный в жестком центре мембраны, через качалку воздействует на ползунок реостата, который при этом поворачивается вокруг своей оси.

Возвратное движение ползунка происходит под действием пружины. Дроссель, запрессованный в штуцер датчика, создает большое сопротивление протеканию масла и препятствует возникновению колебаний ползунка реостата при резком изменении давления. Ползунок соединен с массой датчика, и изменение сопротивления реостата происходит между его выводом и «массой».

В датчике импульсной системы (рис. 9.4, в) на жесткий центр мембраны опирается выступом упругая пластина с контактом, соединенным с «массой». Другой контакт закреплен на плече П-образной биметаллической пластины, с навитой на нем спиралью, один конец спирали приварен к пластине, другой соединен через упругий токовод с выводом датчика.

Второе плечо П-образной биметаллической пластины закреплено на упругом держателе, положение которого можно изменить поворотом воздействующего на него регулятора. Это позволяет осуществлять настройку датчика, изменяя первоначальное усилие прижатия контактов друг к другу. Изменение давления переме-

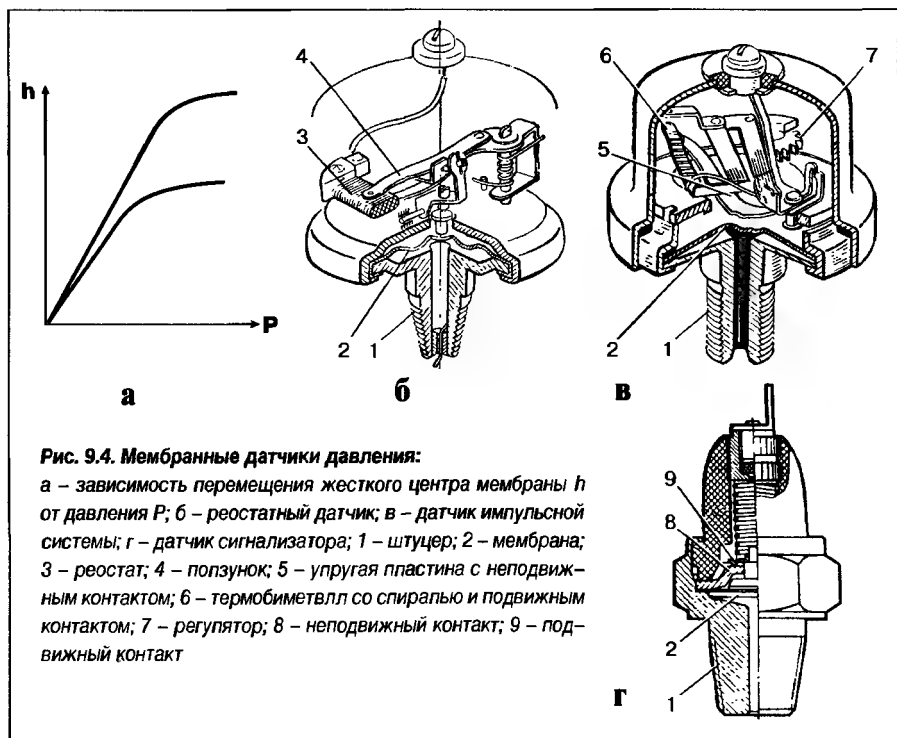


**Рис. 9.4. Мембранные датчики давления:**

а – зависимость перемещения жесткого центра мембраны  $h$  от давления  $P$ ; б – реостатный датчик; в – датчик импульсной системы; г – датчик сигнализатора; 1 – штуцер; 2 – мембрана; 3 – реостат; 4 – ползунок; 5 – упругая пластина с неподвижным контактом; 6 – термобиметалл со спиралью и подвижным контактом; 7 – регулятор; 8 – неподвижный контакт; 9 – подвижный контакт

щает жесткий центр мембраны, при этом меняется усилие прижатия контактов друг к другу и соответственно изменяется относительное время нахождения их в замкнутом состоянии.

Датчик сигнализатора аварийного давления (рис. 9.4, г) имеет простую конструкцию. На жесткий центр мембраны опирается рычаг выключателя, который и замыкает контакты, если давление превышает заданные пределы или, в зависимости от назначения датчика, если давление падает ниже допустимых пределов.

### 9.1.5. Датчики электронных информационных систем

Применение электроники позволяет расширить класс датчиков, используемых в информационных системах.

Для замера температуры нашли применение термопары, которые представляют собой соединение двух разнородных металлических проводников, главным образом, медь и константан, хромель–алюмель, хромель–копель. Величина ЭДС между концами проводов, образующих термопару, зависит от разности температур этих концов и температуры спая. Величина ЭДС, развиваемая термопарой, зависит только от температуры и материалов проводников, составляющих термопару. Зависимость ЭДС от температуры, например, в термопарах хромель–копель, хромель–алюмель, стандартизирована. Поскольку термопара является маломощным источником ЭДС, точность ее показаний может быть обеспечена только в комплекте с высокоомным приемником, практически не потребляющим тока во входной цепи. Для замера температуры применяются также кремниевые и интегральные датчики.

Зависимость сопротивления кремниевой пластинки  $R_t$  от температуры  $t$  довольно точно описывается зависимостью:

$$R_t = R_{25}[1 + \alpha(t-25) - \beta(t-25)^2],$$

где  $R_{25}$  – сопротивление пластинки при 25 °C;

$\alpha$  и  $\beta$  — температурные коэффициенты;

$\alpha = 0,78 \cdot 10^{-2} \text{ град}^{-1}$ ;  $\beta = 1,84 \cdot 10^{-5} \text{ град}^{-1}$ .

Таким образом, изменение сопротивления кремниевых датчиков от температуры нелинейно.

В интегральном датчике в качестве измеряемой величины используется напряжение перехода база–эмиттер кремниевых транзисторов, которое в значительной мере зависит от температуры. Ток, протекающий через измерительный переход, стабилизируется электронным устройством. Обычно в датчик встраивается схема, усиливающая величину сигнала. Кремниевые датчики используются и для замера давления. Путем травления по тонкопленочной технологии на поверхности кристалла кремния формируется круглая диафрагма, на которую методом диффузии наносятся пленочные резисторы. Если к диафрагме прикладываются давление, сопротивление одних резисторов увеличивается, других уменьшается, что и формирует с помощью мостовой схемы сигнал с датчика. Температурная зависимость сигнала таких датчиков требует компенсации.

Для измерения уровня топлива в баках применяется терморезистивный дат-

чик. Ток через датчик стабилизируется. Сопротивление датчика, а следовательно, и напряжение на его выходе зависит от того, какая часть датчика находится в воздухе, а какая погружена в топливо, так как теплопроводность воздуха и топлива различны. Похожим способом измеряется уровень топлива по величине емкости между двумя электродами, помещенными в бак. Емкость изменяется по мере выработки топлива, так как диэлектрическая проницаемость воздуха и топлива различны. Однако такой способ замера требует подвода к датчику переменного напряжения.

Датчиком частоты вращения в электронных системах служит обычно система зажигания, частота следования импульсов которой связана с частотой вращения коленчатого вала двигателя. В информационных системах используются также индуктивные датчики или датчики Холла, подобные применяемым в системе зажигания.

## 9.2. Указатели автомобильных информационных измерительных систем

Обычно на автомобилях применяются указатели трех систем – магнитоэлектрической, электромагнитной и импульсной.

### 9.2.1. Магнитоэлектрические указатели

В качестве магнитоэлектрических указателей на автомобилях наиболее распространены трехобмоточные логометры. Логометр имеет две обмотки  $L_1$  и  $L_2$ , расположенные соосно, но намотанные встречно. Третья обмотка  $L_3$  перпендикулярна первым двум (рис. 9.5, а). Применение трех обмоток позволяет повысить точность логометра, так как расширяет возможности его шкалы до 120–160 градусов.

Рядом с обмотками располагается постоянный магнит, способный поворачиваться на своей оси, он устанавливается в направлении действия суммарной маг-

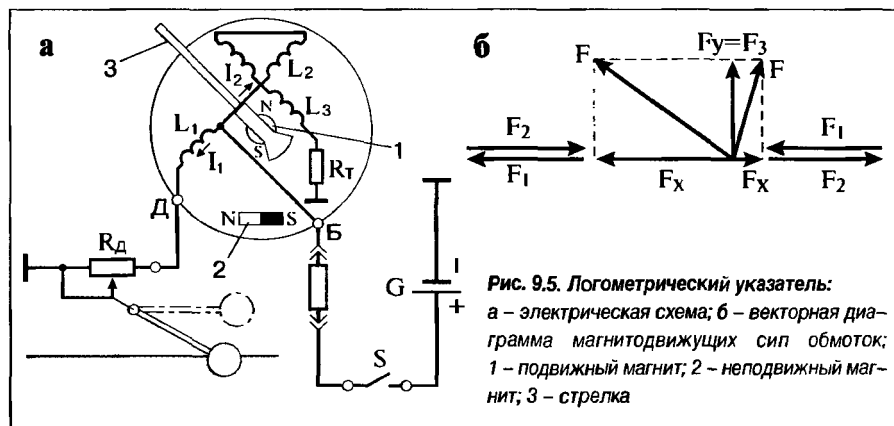


Рис. 9.5. Логометрический указатель:  
а – электрическая схема; б – векторная диаграмма магнитодвижущих сил обмоток;  
1 – подвижный магнит; 2 – неподвижный магнит; 3 – стрелка

нитодвижущей силы всех трех обмоток. Магнит соединен со стрелкой прибора.

Величина силы тока  $I_2$  в обмотках  $L_2$  и  $L_3$  постоянна, сила тока  $I_1$  в обмотке  $L_1$  изменяется с изменением сопротивления датчика  $R_d$ . Магнитодвижущие силы (МДС) обмоток  $F_1$ ,  $F_2$  и  $F_3$  равны произведению сил тока соответствующих обмоток на число витков обмоток. МДС по вертикальной оси  $F_y$  создается только обмоткой  $L_3$   $F_y = F_3$ ; МДС по горизонтальной оси  $F_x$  определяется разностью МДС  $F_1$  и  $F_2$ , так как эти обмотки включены встречно  $F_x = F_1 - F_2$ . МДС  $F$ , по направлению которой устанавливается постоянный магнит, равна геометрической сумме  $F_y$  и  $F_x$ . На рис. 9.5, б представлена векторная диаграмма МДС для случаев, когда МДС  $F_1$  больше  $F_2$  (сопротивление датчика  $R_d$  мало, ток  $I_1$  велик) и  $F_2$  больше  $F_1$  (велико значение  $R_d$  и мало значение  $I_1$ ). По векторным диаграммам видно, что суммарная МДС  $F$  поворачивается относительно горизонтальной оси в зависимости от величины сопротивления датчика влево или вправо, т.е. угол поворота магнита и связанной с ним стрелки прибора стремится к  $180^\circ$ . Все более находят распространение логометры с переключением обмоток электронной схемой, позволяющим расширить шкалу прибора почти до  $360^\circ$ .

К особым достоинствам логометра следует отнести независимость его показаний от величины напряжения питания, так как с ростом напряжения, например, токи всех обмоток, и следовательно, и их МДС возрастают пропорционально, так что суммарная МДС остается прежней.

Соприятие температурной компенсации  $R_t$  выполняется из провода с малым температурным коэффициентом сопротивления (константан, манганин), оно практически не меняется с изменением температуры, и поскольку его величина значительно превышает суммарную величину сопротивления обмоток  $L_2$  и  $L_3$ , ток и, следовательно, МДС этих обмоток становятся мало зависимы от температуры. Если обмотки выполнены из провода, сопротивление которого мало реагирует на температуру, то  $R_t$  отсутствует. На рис. 9.6 представлена конструкция логометра. Магнит может поворачиваться вокруг своей оси, на корпус которой закреплена стрелка. Обмотки намотаны на пластмассовый каркас. Магнитный экран предотвращает влияние внешних полей на показания прибора. Возврат стрелки в нулевое положение при отключении прибора происходит

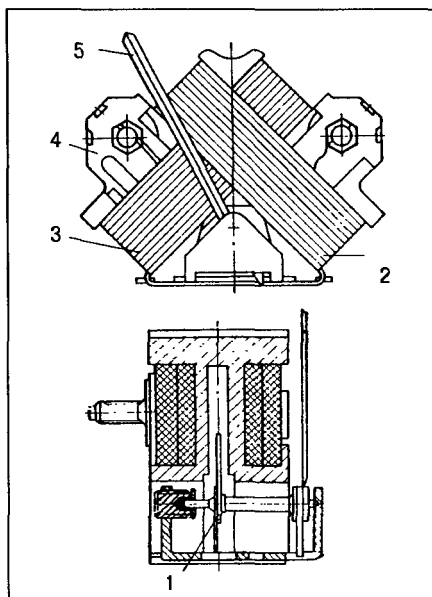


Рис. 9.6. Конструкция логометрического указателя:

1 – постоянный магнит; 2, 3 – измерительные обмотки; 4 – каркас; 5 – стрелка

за счет силы притяжения магнита к небольшому неподвижному магниту, встроенному в нижнюю половину каркаса.

Кроме логометров, на автомобилях особенно в качестве вольтметров и амперметров, используются общепромышленные конструкции магнитоэлектрических указателей с неподвижной катушкой, воздействующей на поворотный магнит, соединенный со стрелкой или неподвижным магнитом и поворотной катушкой.

### 9.2.2. Электромагнитные указатели

В электромагнитных указателях поворотный якорек из магнитомягкого материала, соединенный со стрелкой, притягивается двумя расположенными под углом катушками (рис. 9.7). Если МДС катушек одинаковы, силы воздействия на него обеих катушек уравниваются. При изменении сопротивления датчика  $R_d$ , например, в сторону уменьшения, сила тока в катушке 1 увеличивается, а в катушке 3 уменьшается и якорек со стрелкой поворачивается в сторону большей силы притяжения, т.е. к катушке 1, при увеличении сопротивления датчика поворот происходит в обратную сторону. Уравнивание действия магнитных сил на якорек и возврат стрелки в нулевое положение осуществляется под действием противовеса, которым снабжен якорек. Это накладывает определенные требования по положению электромагнитных указателей на приборном щитке.

Конструкция прибора содержит, кроме катушек, якорька, шкалы, стрелки и ряда конструктивных элементов, магнитопровод катушек в виде полюсных наконечников для подведения магнитного потока катушек к якорьку.

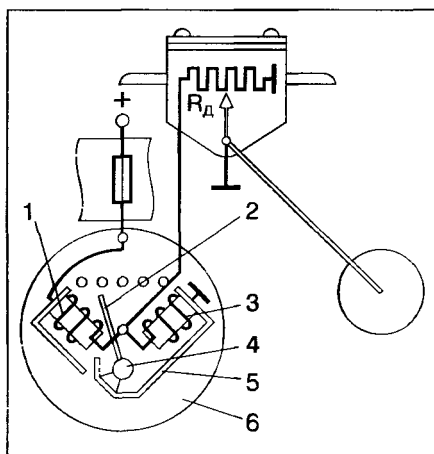


Рис. 9.7. Электромагнитный указатель:

1, 3 – катушки; 2 – стрелка; 4 – якорек; 5 – полюсные наконечники; 6 – корпус

### 9.2.3. Указатели импульсной системы

Указатели импульсной системы могут использоваться только с термоэлектрическими датчиками и составляют в комплекте с ними единую импульсную систему.

На рис. 9.8, а, представлена конструкция указателя импульсной системы. Его основу составляет П-образная биметаллическая пластина, на одной ножке которой, соединенной со стрелкой, расположена нагревательная спираль, другая ножка закреплена на регулировочном секторе. При регулировке прибора сектор с закрепленным на нем концом биметаллической пластины перемещают с помощью зубьев. Вторым регулировочным сектором с упругой пластиной, создающей шарнирную опору стрелки, также при

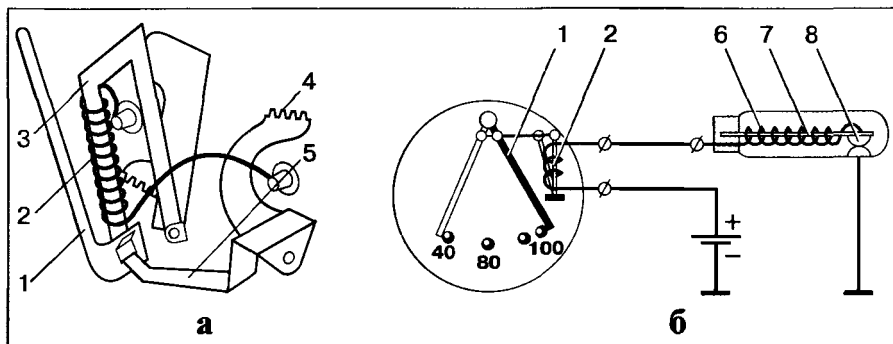


**Рис. 9.8. Импульсная система:**

*а* – устройство указателя; *б* – схема импульсного измерителя температуры; 1 – стрелка; 2 – спираль указателя; 3 – П-образная термобиметаллическая пластина; 4 – регулировочный сектор; 5 – упругая пластина; 6 – спираль датчика; 7 – биметалл датчика; 8 – контакты

регулировке может перемещаться с помощью зубьев. Соединенное с ним плечо П-образной пластины является термокомпенсационным, при изменении температуры воздуха, окружающего указатель, изгиб этого плеча компенсирует возникающий по этой же причине изгиб плеча, соединенного со стрелкой. Спираль указателя и термобиметаллического датчика включены последовательно (рис. 9.8, б). До включения прибора стрелка указателя находится в положении вне пределов градуированной шкалы прибора. Это является отличительным признаком импульсной системы. После включения прибора ток начинает протекать в общей цепи спиралей датчика и указателя, нагревая биметаллические элементы. Биметалл датчика изгибается, при этом размыкаются и его контакты, ток в общей цепи пропадает. Время нахождения контактов датчика в разомкнутом состоянии  $T_p$  зависит от температуры окружающей среды, на которую и призван реагировать датчик термометра, и от давления на контакты, оказываемое извне, что характерно для измерителей давления. После остывания биметаллической пластины контакты замыкаются на время  $T_3$  и ток вновь начинает протекать в общей цепи датчика и указателя, нагревая биметаллические элементы.

Таким образом, действующее значение силы тока в спирали, нагревающей биметалл указателя,  $I_d$  зависит от относительного времени нахождения контактов датчика в замкнутом состоянии:

$$I_d = I_0 \sqrt{\frac{T_3}{T_3 + T_p}} ,$$

где  $I_0$  – сила тока в общей цепи при замкнутых контактах.

Чем больше температура измеряемой среды или меньше давление на контакты, тем меньше время нахождения контактов в замкнутом состоянии, меньше



величина силы тока, протекающего через спираль указателя, биметалл указателя нагревается меньше, меньше деформируется и меньше отклоняется стрелка от ее положения при выключенном состоянии прибора. Соответствующим образом градуируется шкала указателя.

Точность импульсных приборов невелика, однако их отличает достаточно простое устройство и, соответственно, невысокая стоимость. В различных автомобильных контрольно-измерительных приборах используется та или иная система из приведенных выше.

## 9.3. Термометры

Термометры применяются для контроля теплового режима двигателя, а также (на некоторых автомобилях) для контроля теплового состояния аккумуляторной батареи, системы смазки, гидравлической трансмиссии, отопителя и т.п. В настоящее время для замера величин температуры на автомобилях устанавливаются системы с магнитозлектрическим логометром и терморезистивным датчиком. Приборы указывают температуру охлаждающей двигатель жидкости, температуру масла или температуру электролита аккумуляторной батареи.

Приборы, контролирующие температуру двигателя, работают с датчиками ТМ 100, А, В или ТМ 106. Модификации датчиков ТМ 100, А, В, не отличаются по выходным параметрам и обеспечивают величину сопротивления при температуре  $+40^{\circ}\text{C}$  – 400–530 Ом, при  $+100^{\circ}\text{C}$  – 80–95 Ом. Датчик ТМ 106, устанавливаемый на автомобиле ВАЗ, обеспечивает величину сопротивления при  $+30^{\circ}\text{C}$  – 1350–1880 Ом, при  $+90^{\circ}\text{C}$  – 155–196 Ом.

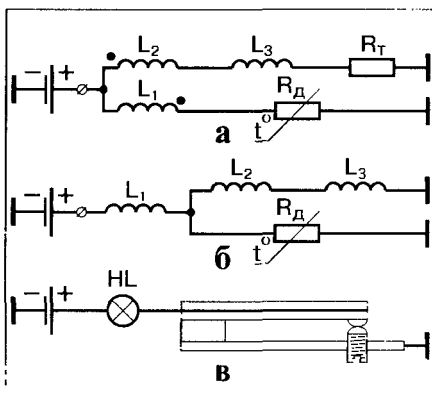


**Рис. 9.9. Электрические схемы термометров:**  
а – с термокомпенсационным сопротивлением;  
б – без термокомпенсационного сопротивления;  
в – термосигнализатор

Замер температуры электролита осуществляется датчиком 11.3842 с величиной сопротивления при нулевой температуре в пределах 210–370 Ом. Схемы термометров, применяемых на автомобиле, представлены на рис. 9.9, а и б, а их параметры и применяемость в табл. 9.1.

Логометрические указатели потребляют ток до 0,25 А (УК 193 – 0,1 А).

На автомобилях ВАЗ–21083, –21093, оборудованных микропроцессорной системой, в качестве датчика температуры установлена интегральная микросхема 19.3828 с диапазоном измерения температуры  $-40...+125^{\circ}\text{C}$  и потреблением тока 0,001 А.

Термобиметаллические датчики используются в системе аварийных сигнализаторов температуры. Схема их

**Таблица 9.1. Параметры и применяемость термометров**

| Прибор            | Датчик               | Пределы<br>измеряемой<br>температуры, С | Напряжение,<br>В | Применяемость                                                                  |
|-------------------|----------------------|-----------------------------------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| УК143 А           | ТМ 100. А,В          | 40...120                                | 24               | КрАЗ, МоАЗ, БелАЗ                                                              |
| УК145 А           | ТМ 100, А,В          | 40...120                                | 12               | Щитки КП 116,<br>КП 120 Б2, КП 121 Г<br>УАЗ-469, ГАЗ 53-12.<br>ГАЗ 66-11 и др. |
| УК 151            | ТМ 100 А             | 40...120                                | 12               | Щиток КП 125 А<br>ГАЗ-31029, -3102.<br>-4106                                   |
| УК 193            | ТМ 106               | 45...140                                | 12               | Щиток КП 128<br>ВАЗ-2121-01.<br>-21212, -2106                                  |
| 20.3807           | ТМ 106               | 45...140                                | 12               | Комб. приборов<br>224.3801, 225.3801<br>ВАЗ-2108, -2109, -21086                |
| 23.3807           | ТМ 106               | 45...140                                | 12               | Комб. приб.155.3801,<br>156.3801 ВАЗ-2107,<br>-21076                           |
| 30.3807           | ТМ 106               | 45...140                                | 12               | Комб. приб. 31. 3801<br>ГАЗ-3105                                               |
| 33.387            | ТМ 106               | 45...140                                | 12               | Комб. приб. 34.3801<br>ВАЗ-2110                                                |
| 34.387            | ТМ 106-10<br>19.3828 | 45...140                                | 12               | Комб. приб. 35.3801<br>ГАЗ-3302, -330212                                       |
| 36.387<br>УК 173* | ТМ 100 А<br>11.3842  | 40...120<br>-40...+40                   | 24<br>24         | КамАЗ-5320, ЛиАЗ-677<br>ГАЗ-3301, МАЗ-5335,<br>КамАЗ-4310                      |
| 15.3807*          | 11.3842              | -40...+40                               | 12               | ЗИЛ-431411                                                                     |

\* – указатели температуры электролита аккумуляторной батареи.

включения представлена на рис. 9.9, в.

Параметры некоторых термобиметаллических датчиков температуры представлены в табл. 9.2.

Температура размыкания контактов на 10°C ниже температуры их замыкания.

## 9.4. Измерители давления

Измерители давления применяются для определения давления в системе смазки, пневмосистеме тормозов, системе централизованной подкачки шин. В

**Таблица 9.2. Параметры и применяемость термобиметаллических датчиков температуры**

| Тип датчика            | Температура замыкания контактов, °С                  | Номинальное напряжение, В | Сила тока, А | Применяемость                                              |
|------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------|--------------|------------------------------------------------------------|
| ТМ 104                 | 95 $\begin{smallmatrix} +3 \\ -4 \end{smallmatrix}$  | 12,24                     | 0,2; 01      | УАЗ, ГАЗ, МАЗ, ЗИЛ                                         |
| ТМ 104-Т               | 105 $\begin{smallmatrix} -4 \\ -3 \end{smallmatrix}$ | 12,24                     | 0,2; 01      | ГАЗ, ВАЗ-2121                                              |
| ТМ 111<br>ТМ 111-01    | 100 $\begin{smallmatrix} +4 \\ -2 \end{smallmatrix}$ | 12,24                     | 0,25; 0,15   | КамАЗ, ЗИЛ-4331, -4421, -4945, МАЗ-74103, БелАЗ-7519 и др. |
| ТМ 111-02<br>ТМ 111-03 | 105 $\begin{smallmatrix} +4 \\ -3 \end{smallmatrix}$ | 12,24                     | 0,25; 0,15   | ГАЗ-3102, -33015, -3402, -33021 МАЗ-5048, -5429 и др.      |
| ТМ 111-04<br>ТМ 111-05 | 115 $\begin{smallmatrix} +3 \\ -5 \end{smallmatrix}$ | 12,24                     | 0,25; 0,15   | ГАЗ-31011, ЗИЛ-4906, -4104, -4105, МАЗ-7902, -7905 и др.   |
| ТМ 111-06<br>ТМ 111-07 | 120 $\begin{smallmatrix} +4 \\ -3 \end{smallmatrix}$ | 12,24                     | 0,25; 0,15   | Специальные случаи применения                              |
| ТМ 111-08              | 95 $\begin{smallmatrix} +3 \\ -4 \end{smallmatrix}$  | 12,24                     | 0,25; 0,15   | УАЗ-469, ГАЗ-24-10, МАЗ, ЗИЛ                               |

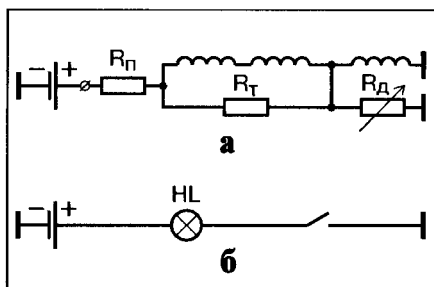


**Рис. 9.10. Электрические измерители давления:**  
 а – с реостатным датчиком и логометрическим указателем;  
 б – сигнализатор аварийного давления

них используются магнитоэлектрические логометрические указатели давления с мембранными датчиками и реостатным выходом или указателями и датчиками импульсной системы. Последние на современных автомобилях применяются редко. Схема манометра с реостатным датчиком представлена на рис. 9.10, а. Сопротивление  $R_p$  включается в системах на бортовое напряжение 24 В для гашения напряжения.

Технические данные некоторых типов измерителей давления приведены в табл. 9.3.

**Таблица 9.3. Параметры и применяемость измерителей давления**

| Прибор   | Предел измерения, кгс/см <sup>2</sup> | Датчик         | Назначение                    | Применяемость                                            |
|----------|---------------------------------------|----------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------|
| УК 130 А | 0–6                                   | ММ358          | Система смазки                | Щиток КП116, КП120Б и др.                                |
| УК 140А  | 0–6                                   | ММ358          | Система смазки, пневмосистема | ГАЗ–4905, –5903, –3402                                   |
| УК 168   | 0–10                                  | ММ355          | Пневмосистема                 | МАЗ–6422, –5432<br>БелАЗ–7421, –7548<br>МоАЗ–6007, –7914 |
| УК 194   | 0–8                                   | ММ393 А        | Система смазки                | ВАЗ–21212, –2106                                         |
| 28.3810  | 0–6                                   | 23.2829        | Система смазки                | Комб. приб. 35.3801<br>ГАЗ–3302, –33021                  |
| 11.3811  | 0–20                                  | 11.3829        | Система смазки                | БелАЗ, МоАЗ                                              |
| 15.3812  | 0–6                                   | ММ358, 19.3829 | Система смазки                | УАЗ–315, –3741<br>ГАЗ–66–01, –3307, ПАЗ–3205             |
| 16.3810  | 0–20                                  | 16.3829        | Гидросистема                  | БелАЗ–7521, –5496, –7508                                 |
| 33.3810  | 0–10                                  | ММ370, 18.3829 | Система смазки, пневмосистема | ГАЗ–3301, –4310,<br>КамаЗ–5320                           |

**Таблица 9.4. Параметры и применяемость датчиков давления**

| Датчик    | Предел срабатывания, кгс/см <sup>2</sup> | Назначение                         | Напряжение, В | Применяемость                          |
|-----------|------------------------------------------|------------------------------------|---------------|----------------------------------------|
| 2602.3829 | 0,4–0,8                                  | Датчик аварийного давления масла   | 12,24         | «Москвич», ЗИЛ–433420, КамаЗ           |
| 2702.3829 | 4,5–5,5                                  | Датчик аварийного давления воздуха | 12,24         | ЗИЛ–4331, –433360, ГАЗ 66–11, КамаЗ    |
| 30.3829   | 0,4–0,8                                  | Датчик аварийного давления масла   | 12            | ГАЗ–33021                              |
| 31.3829   | 0,2–0,5                                  | Датчик сигнализатора вакуума       | 12            | ГАЗ–3307, –3306, –66–11, –66–40, –3205 |

Датчики сигнализаторов аварийного давления мембранного типа включаются последовательно в цепь контрольной лампы или звукового сигнала по схеме рис. 9.10, б. Основные параметры датчиков сведены в табл. 9.4.

**Таблица 9.5. Параметры и применяемость измерителей уровня топлива**

| Тип указателя | Тип датчика | Система указателя | Номинальное напряжение, В | Применяемость                                                                 |
|---------------|-------------|-------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| УБ 125А       | БМ-127Д     | Электромагн.      | 24                        | МАЗ-5335, -5429, МоАЗ-6401                                                    |
| УБ 283        | 22.3827     | Электромагн.      | 12                        | Ком. приб. 20.3801<br>ЗАЗ-1102                                                |
| УБ 285        | 11.3827     | Электромагн.      | 12                        | Комб. приб. 211. 3801<br>«Москвич»-2141                                       |
| УБ 170-01     | БМ158-Д     | Магнитоэл.        | 24                        | КамАЗ, МоАЗ                                                                   |
| УБ 116 А      | 20.3827     | Магнитоэл.        | 12                        | Комб. приб. КП 125 А<br>ГАЗ-2410, 3102 -2429                                  |
| 13.3806       | БМ 150Д     | Магнитоэл.        | 12                        | Комб. приб. КП 128<br>щиток 17.3805 ВАЗ-2103,<br>-2106; -21212,<br>ЗИЛ-431410 |
| УБ 191 Б      | 34.3827     | Магнитоэл.        | 12                        | Комб. приб. КП-191А2<br>ВАЗ-2101, -1111 «Ока»                                 |
| 161.3806      | 24.3827     | Магнитоэл.        | 12                        | Ком. приб. 225.3801,<br>226.3801<br>ВАЗ-21086 -21096                          |
| 31.3807       |             | Магнитоэл.        | 12                        | Комб. приб. 34.3801<br>ВАЗ-2110                                               |
| 24.3808       |             | Магнитоэл.        | 12                        | Комб. приб. 31.3801<br>ГАЗ-3105                                               |
| 32.3809       | 571.3827    | Магнитоэл.        | 12                        | Комб. приб. 35. 3801<br>ГАЗ-3302, -33027                                      |
| УБ 285        | 11.3827     | Магнитоэл.        | 12                        | Комб. приб. 211.38011<br>«Москвич»-2141                                       |

## 9.5. Измерители уровня топлива

В измерителях уровня топлива используется реостатный датчик, помещенный в топливный бак (рис. 9.1). С выработкой топлива поплавок перемещается и через рычаг воздействует на ползунок реостата, который соответственно меняет свое положение. Если автомобиль имеет два бака, то датчики помещают в каждый бак, при этом водитель с помощью переключателя может определить уровень топлива в каждом баке. Специальные контакты, установленные в некоторых типах датчиков, замыкаются при снижении уровня топлива до минимального уровня, позволяющего проехать ограниченное расстояние. Контакты включают контрольную лампу на щитке приборов, т.е. образуют сигнализирующий прибор выработки топлива. В указателях уровня топлива используются

магнитоэлектрические приборы (логометры) или, реже, электромагнитные указатели. Электромагнитные указатели соединяются с датчиком по схеме на рис. 9.7, магнитоэлектрические – по схемам на рис. 9.11. Схема на рис. 9.11, б, характерна для системы 24 В, поэтому имеет добавочный резистор  $R_c$ , гасящий напряжение. Сопротивление  $R_T$  – термокомпенсационное,  $R_d$  – сопротивление датчика. HL – лампа контроля минимального уровня топлива.

Электромагнитные указатели используются с датчиками на максимальное сопротивление 60 Ом, магнитоэлектрические – на 90 Ом или 350 Ом (в основном, на автомобилях ВАЗ).

Параметры некоторых измерителей уровня топлива приведены в табл. 9.5.

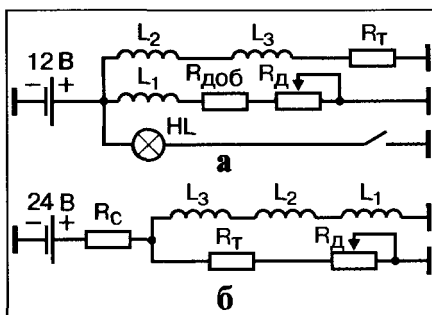


**Рис. 9.11. Схемы магнитоэлектрических указателей:**

а – для системы с напряжением 12 В; б – для системы с напряжением 24 В

## 9.6. Измерители зарядного режима аккумуляторной батареи

Зарядный режим батареи определяется напряжением, которое создает на ее выводах система электроснабжения, и силой тока, который батарея способна при этом принять. Поэтому в качестве измерителей зарядного режима аккумуляторной батареи используются амперметры, вольтметры и индикаторы заряда аккумуляторной батареи. Последние фактически контролируют работоспособность генераторной установки. Их включение в схему и принцип действия подробно рассмотрены в главе 2. Амперметры на современных моделях отечественных и зарубежных автомобилей не устанавливаются, так как последовательное включение их в цепь батареи создает дополнительное падение напряжения в этой цепи, что неблагоприятно сказывается на зарядном режиме.

Конструкции амперметра и вольтметра аналогичны, это приборы магнитоэлектрической системы, в которых измеряемая величина подводится к обмотке, магнитный поток которой воздействует на постоянный магнит. Конструкция может выполняться с подвижным магнитом, связанным со стрелкой или подвижной катушкой. Основное отличие амперметра от вольтметра состоит в том, что измерительная катушка амперметра подключена к шунту, установленному в приборе или вне его, по которому протекает измеряемый ток, измерительная же цепь вольтметра включается непосредственно в место измерения напряжения.

Шкала вольтметра в двенадцативольтовой системе электрооборудования имеет пределы от 8 до 16 В и снабжена разноцветными секторами, красным (напряжение 8–11 В, батарея не заряжается), белым (11–12 В, батарея недозаряжается), зеленым (12–15 В, заряд батареи и работа генераторной установки нормальны), красным (15–16 В, перезаряд батареи, неисправна генераторная установка).

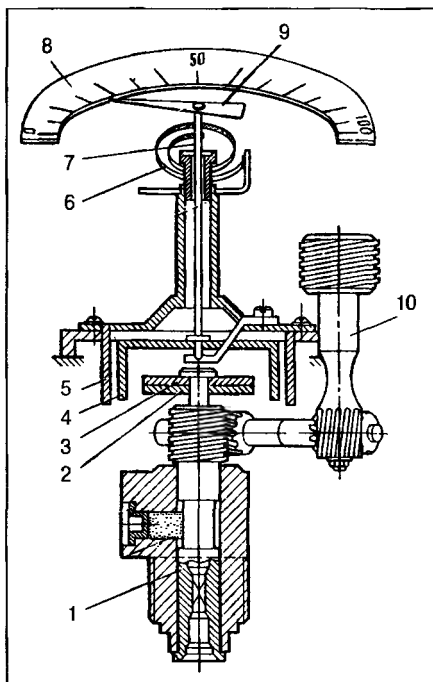


**Рис. 9.12. Устройство спидометра:**

1 – приводной вал; 2 – постоянный магнит; 3 – термомангнитный шунт; 4 – катушка; 5 – экранирующая магнитопровод; 6 – пружина; 7 – вал стрелки; 8 – шкала; 9 – стрелка; 10 – привод счетчика пройденного пути

входного вала в перемещение стрелки, принципиально устроен одинаково у всех типов спидометра (рис. 9.12). Основу его составляет постоянный магнит, закрепленный на входном валу, и катушка, охватывающая магнит и выполненная из электропроводящего материала, чаще всего – алюминия, соединенная со стрелкой. При вращении магнита его силовые линии пересекают тело катушки, в которой наводятся при этом вихревые токи, тем больше, чем больше скорость вращения магнита. Сила взаимодействия магнитного потока магнита и вихревых токов увлекает катушку в сторону вращения магнита так же, как это происходит с ротором асинхронного двигателя. Однако катушка может только поворачиваться, так как ее вращению препятствует упругая пружина, уравнивающая действие магнитных сил. Угол поворота катушки и связанной с ней стрелки зависит от величины магнитного потока магнита, материала катушки, упругих свойств пружины и частоты вращения приводного вала спидометра, пропорциональной скорости движения автомобиля. Поскольку все эти параметры, кроме скорости

В двадцатичетырехвольтовой системе электрооборудования указанные выше цифры удваиваются. Вольтметр, как правило, встраивается в комбинацию приборов.

В 12-вольтовой системе используются вольтметры 16.3812 (ВАЗ – 2108, –2109), 21.3812 (ЗИЛ–433420). Промышленность выпускает большое количество индикаторов уровня зарядного напряжения, включаемых обычно в гнездо прикуривателя, световая индикация которых соответствует цветным уровням шкалы вольтметра.

## 9.7. Спидометры и тахометры

Спидометры дают водителю информацию о скорости движения автомобиля и о пройденном пути. Соответственно спидометр состоит из двух узлов – скоростного (собственно спидометра) и счетного узла, который иногда называют одометром, указывающего пробег автомобиля.

Привод спидометра осуществляется гибким валом, если длина приводного троса не превышает 3,55 м, или с помощью электрического синхронного привода. Скоростной узел спидометра, преобразующий частоту вращения его

автомобиля, являются неизменными, стрелка прибора указывает значение скорости на шкале. Магнитный экран, охватывающий катушку снаружи, служит своеобразным магнитопроводом и усиливает магнитный поток в зоне расположения катушки. Температурная погрешность спидометра компенсируется с помощью магнитного термощунта, прижатого к магниту. С ростом температуры сопротивление катушки возрастает, но одновременно снижается магнитная проницаемость термощунта, часть магнитного потока, замыкающегося через него, уменьшается и возрастает магнитный поток, пронизывающий катушку.

Регулировка спидометра осуществляется в заводских условиях при его изготовлении изменением натяжения пружины и частичным размагничиванием магнита. Относительная погрешность спидометра при нормальных условиях не пре-

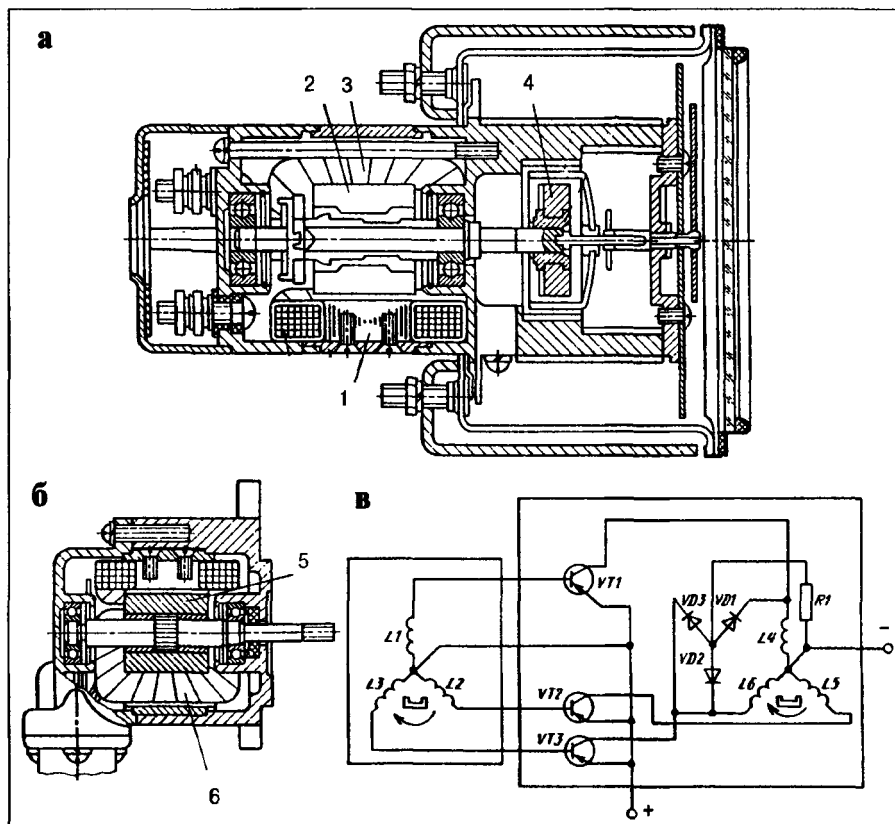


**Рис. 9.13. Спидометр с электрическим приводом:**

а – указатель; б – датчик; в – электрическая схема; 1 – электродвигатель указателя; 2 – ротор электродвигателя; 3 – статор электродвигателя; 4 – счетный узел указателя; 5 – ротор датчика; 6 – трех-  
фазная обмотка датчика



вышает 5%, нагрев на каждые 10°C увеличивает или уменьшает погрешность на 2%. Счетный узел спидометра приводится во вращение от входного вала через червячную передачу, промежуточный вал и его червячные передачи. Счетный узел состоит из набора цилиндрических барабанчиков, свободно установленных на общей оси, на их цилиндрической поверхности нанесены цифры от 0 до 9.

По виду зацепления счетных барабанчиков между собой счетные узлы бывают с внешним и внутренним зацеплением. Последнее зацепление преобладает. Первый барабанчик жестко соединен с промежуточным валом и вращается всегда при движении автомобиля. Каждый барабанчик, кроме первого, имеет с одной стороны двадцать зубьев (на внутренней или внешней поверхности в зависимости от типа применяемого зацепления), а на другой два зуба.

Привод от барабанчика к барабанчику осуществляется с помощью специальных шестерен-трибок, расположенных на одной оси или на собственных кронштейнах, размещенных между каждой парой барабанчиков в узлах с внутренним зацеплением. Трибки имеют 6 зубьев, которые через один укорочены. При полном обороте первого барабанчика его двухзубка повернет трибку на треть оборота, а трибка повернет следующий барабанчик через его двадцатизубку на десятую часть оборота. Так осуществляется передача между всеми барабанчиками. Максимальный отсчет пути – 99999 км, после чего показания сбрасываются. Некоторые спидометры имеют отдельно показатели суточного пробега. Общее передаточное отношение всех передач от входного вала спидометра до первого барабанчика – 624, кроме спидометров автомобилей ВА3, где оно составляет 1000. Счетный узел автомобилей, часто движущихся задним ходом (карьерных самосвалов, например), обеспечивает суммирование показаний при движении в любом направлении. В приводе спидометра имеется также редуктор, связанный с ведомым валом коробки передач. Его передаточное число выбирается с учетом передаточного числа червячных передач спидометра и радиуса колес.

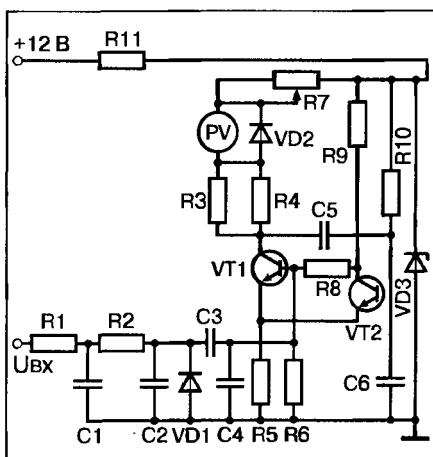


Рис. 9.14. Схема электронного тахометра

С этим редуктором сцеплен конец гибкого вала или вал датчика спидометра с электрическим приводом.

Конструкция спидометра с электроприводом представлена на рис. 9.13, а. Его устройство отличается тем, что приводной вал спидометра вращается электродвигателем, получающим питание от датчика (рис. 9.13, б), выполненного в виде синхронного генератора, возбуждаемого постоянным магнитом. Соединение между датчиком и электродвигателем может происходить через электронный усилитель, как показано на рис. 9.13, в.

Электронные спидометры 45.3802 автомобилей ВА3–2110 и 56.3802 автомобилей ГАЗ–3110 получают сигналы от датчика Холла, расположенного

**Таблица 9.6. Параметры и применяемость спидометров**

| Тип спидометра | Тип привода | Диапазон показаний, км/ч | Передачное отношение к счетному устройству | Применяемость                                        |
|----------------|-------------|--------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| СП193          | Гибкий вал  | 0–180                    | 1000                                       | ВА3–2106, –2121                                      |
| 26.3802        | —»—         | 0–180                    | 1000                                       | Ком. приб. 226.3701<br>ВА3–2108, –2109               |
| 43.3802        | —»—         | 0–180                    | 624                                        | Ком. приб. 31.3801 ГА3–3105                          |
| 16.3802        | —»—         | 0–120                    | 624                                        | Щиток 17.3805, ЗИЛ–431410                            |
| 47.3802        | —»—         | 0–180                    | 624                                        | Ком. приб. 35.3801<br>ГА3–3302 –33027                |
| 36.3802        | —»—         | 0–180                    | 1000                                       | Ком. приб. 224.3801<br>ВА3–2108, –2109               |
| 37.3802        | —»—         | 0–180                    | 624                                        | ГА3–3102, –31029                                     |
| СП 152         | —»—         | 0–120                    | 624                                        | МА3–5432, –54321                                     |
| СП 153         | —»—         | 0–100                    | 624                                        | Кра3–65101, –6510                                    |
| 11.3802        | —»—         | 0–120                    | 624                                        | БелА3–548А, –6411                                    |
| 121.3802       | —»—         | 0–120                    | 624                                        | МоА3–54617, –7914                                    |
| 15.3802        | —»—         | 0–120                    | 624                                        | ЗИЛ–133ГЗ, ЛАЗ–6951                                  |
| СП 270А        | —»—         | 0–180                    | 1000                                       | Кама3–4310, –5510                                    |
| 59.3802        | —»—         | 0–180                    | 1000                                       | ЛиАЗ. ЛАЗ                                            |
| 45.3803        | Электронный | 0–200                    | –                                          | «Москвич»–2141, «ИЖ»–2126                            |
| 56.3802        | Электронный | 0–200                    | –                                          | ВА3–21099<br>Ком. приб. 34.3801 ВА3–2110<br>ГА3–3110 |

на коробке передач. Электронная схема преобразует сигналы в напряжение, пропорциональное скорости движения автомобиля. В соответствии с международными стандартами датчик вырабатывает 6 тысяч импульсов за 1 км пути.

Основные параметры некоторых типов спидометров представлены в табл. 9.6.

Спидометры с электрическим приводом работают в комплекте с датчиками МЭ307, 20.3843.

Электрические тахометры имеют скоростной узел, аналогичный узлу спидометра. Тахометры с электроприводом используют те же датчики, что и спидометры, и ту же схему управления. Однако последнее время более широкое распространение получили электронные тахометры. Шкала тахометра имеет цветовые сектора: зеленый – допустимая частота, красный – опасный скоростной режим.

Датчиком для электронного тахометра является первичная цепь системы зажигания, откуда на тахометр поступают импульсы, частота следования которых пропорциональна частоте вращения двигателя. Схема электронного тахометра представлена на рис. 9.14. На входе тахометра установлен формиро-

Таблица 9.7 Параметры и применяемость тахометров

| Тип тахометра | Диапазон измерения, мин <sup>-1</sup> | Напряжение питания, В | Датчик            | Применяемость               |
|---------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------------|
| TX193         | 1000–8000                             | 12                    | Система зажигания | ВАЗ–2106, –2121             |
| TX200         | 1000–8000                             | 12                    | Система зажигания | «Москвич»–2141<br>«ИЖ»–2126 |
| 252.3813      | 1000–3000                             | 24                    | Фаза генератора   | МАЗ–54321, –64221           |
| 254.3813      | 1000–3000                             | 12                    | Фаза генератора   | ЗИЛ–4331                    |
| 35.3813       | 500–4500                              | 12                    | Система зажигания | ГАЗ–3302                    |
| 33.3813       | 1000–8000                             | 12                    | Система зажигания | ВАЗ–2110                    |

ватель импульсов на резисторах R1, R2 и конденсаторах C1–C4, диоде VD1, который преобразует входной колебательный импульс в сигнал положительной полуволны, запускающий одностабильный мультивибратор на транзисторах VT1, VT2, который формирует сигналы прямоугольной формы постоянной величины и длительности, следующие друг за другом с частотой входного сигнала, приходящего на магнитоэлектрический измерительный прибор PV. Чем выше частота следования импульсов, тем больше среднее значение тока, протекающего через прибор, что и фиксируется в виде его показаний по шкале, отградуированной в частоты вращения коленчатого вала двигателя. Терморезистор R3 осуществляет термокомпенсацию в приборе, стабилитрон VD3 защищает его от всплесков напряжения по цепи питания. Датчиком тахометра может служить и вывод фазы вентильного генератора.

Технические данные некоторых типов тахометров сведены в табл. 9.7.

## 9.8. Эконометр

Эконометр позволяет рационально расходовать топливо, особенно при движении на ускоряющих передачах.

Фактически эконометр представляет собой вакуумметр, замеряющий давление во впускном коллекторе двигателя, для чего его вход соединен шлангом с впускным трубопроводом за дроссельной заслонкой. Устройство эконометра непосредственного действия представлено на рис. 9.15. Аналогичную конструкцию имеет и шинный манометр. Основной его частью является трубчатая пружина, соединенная с входным штуцером. Изменение давления в ней заставляет ее сжиматься или распрямляться, перемещение конца трубчатой пружины через зубчатый сектор и трибку передается на стрелку прибора. При максимальной частоте вращения и малой нагрузке дроссельная заслонка прикрыта, давление за ней минимально и эконометр показывает повышенный расход топлива в левой части шкалы. При малой скорости движения и большой нагрузке дроссельная заслонка открыта, да-

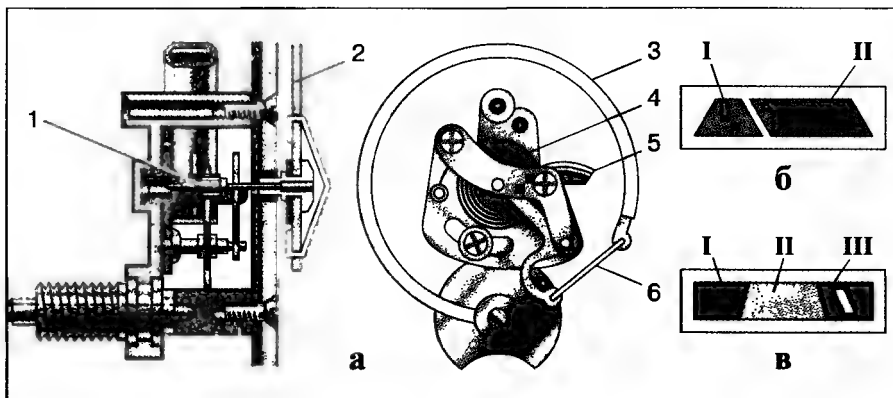


**Рис. 9.15. Эконометр:**

**а** – устройство: б и в – шкалы с двумя и тремя зонами; 1 – трибка; 2 – стрелка; 3 – упругая трубка; 4 – пружина; 5 – зубчатый сектор; 6 – тяга; I, II, III – зоны шкалы

вление во впускном коллекторе возрастает и эконометр показывает, что для снижения расхода следует перейти на низшую передачу.

Эконометр автомобиля «Москвич»–2141 включен в тройник шланга вакуумного усилителя.

На автомобилях ВАЗ–2108, –2109 устанавливается эконометр 17.3806 с двумя зонами на шкале, автомобиле «Москвич»–2141 – эконометр 21. 3801 с тремя зонами.

## 9.9. Тахографы

Тахографы устанавливаются в соответствии с рекомендациями Европейской экономической комиссии на автомобилях, совершающих дальние междугородные и международные рейсы. Цель установки тахографа – контроль за режимом работы автомобиля и его водителя, объективное расследование обстоятельств в случае возникновения дорожно–транспортного происшествия.

Тахограф позволяет регистрировать на диаграмме скорость движения, пройденный путь, время стоянки, работы двигателя, текущее время, расход топлива. Часовой механизм поворачивает круглую диаграмму. В применяемых на отечественных автомобилях тахографах ТЭМС–1 перемещение диаграммы осуществляется шаговым двигателем этого механизма.

Перемещение пера самописца скорости осуществляется двигателем постоянного тока. Для записи расхода топлива используется также шаговый двигатель.

Тахограф защищен от вскрытия и вскрытия электронного блока.

Последнее время на зарубежных автомобилях появляются тахографы с записью показаний в памяти электронных устройств.

## **9.10. Электронные информационные системы**

Электронные информационные системы значительно расширяют возможности получения информации при малом объеме, занимаемом приборной панелью. Электронная панель приборов способна по желанию водителя выдавать на экран несколько вариантов значимой информации, в том числе с дублированием ее голосовым сообщением.

Управление электронной информационной системой осуществляет бортовой компьютер, в который стекается информация с датчиков. Аварийная информация передается водителю без его участия, другая же поступает по его запросу или непрерывно.

Для электронной индикации применяются электронно–лучевые трубки, жидкокристаллические индикаторы и т.п.

Панели с электронно–лучевой трубкой позволяют во время стоянки принимать телепрограммы, а также вызывать на экран карту местности с ориентировкой на ней автомобиля.

Компьютер способен не только оценить аварийную ситуацию, но и выявить тенденцию, направленную к появлению такой ситуации, заранее предупредив водителя об опасности.

Электронная информационная система предоставляет возможность через спутниковую связь или через связь с местными станциями информировать водителя об оптимальном маршруте движения.

К недостаткам таких систем следует отнести высокую стоимость и сложность, требующую квалифицированного обслуживания и ремонта.

## **9.11. Техническое обслуживание информационно–измерительной системы**

Приборы информационно–измерительной системы требуют минимального обслуживания. Их следует лишь содержать в чистоте и наблюдать, чтобы не было ослабленных или окисленных контактов в местах их соединений.

Отказы информационно–измерительной системы связаны с обрывом или коротким замыканием в ее цепях, неисправностью датчиков, указателей или контрольных ламп.

При каждом техническом обслуживании следует проверить работоспособность приборов и контрольных ламп. При необходимости следует заменить неисправные приборы, перегоревшие контрольные лампы или лампы освещения приборов. Для этого щиток или комбинация приборов снимаются с приборной панели. Перед снятием необходимо отсоединить провод от клеммы "минус" аккумуляторной батареи и отсоединить от панели приборов гибкий вал механизма сброса суточного пробега спидометра, если он имеется. При отказе прибора прежде всего следует убедиться в исправности проводки, особенно в местах ее подсоединения к указателю, датчику или колодке предохранителей, целостности предохранителей в приборной цепи. Обрыв или короткое замыкание в цепях могут быть обнаружены замером сопротивления тестером. Замером сопротивления можно определить и исправность датчиков, обрыв или короткое замыкание во внутренних цепях указателей.

Если стрелка логометрического прибора при включении питания остается на месте или перемещается в крайнее положение, следует отсоединить провод от датчика и кратковременно соединить его с "массой". Перемещение стрелки при этом показывает, что отказал датчик. Перемещение стрелки при работе прибора рывками, как правило, связано с плохим контактом движка датчика с резистором или обрывом резистора.

Проверку указателей можно производить, подключив их к эталонному датчику, а датчики – подключением к эталонному прибору. Достаточно просто можно проверить правильность показаний указателя уровня, заполняя бак из мерной посуды. Точность показаний прибора при этом в точке шкалы "0" должна составлять примерно 7% и в точке "П" – 10%.

Отказ или изменение точности показаний измерителей температуры с логометрическим указателем происходит, в основном, из-за разгерметизации баллона датчика, изменения параметров терморезисторов при чрезмерных перегревах из-за работы двигателя без охлаждающей жидкости, обрыва обмоток или смещения стрелки указателя.

Проверка точности показаний измерителя температуры может быть проведена в комплекте с датчиком, помещенном в нагреваемую водяную ванну с ртутным термометром. Показания ртутного термометра и логометрического указателя у исправной системы не должны расходиться больше, чем указано в табл. 9.8.

**Таблица 9.8. Допустимая погрешность**

|                                  |    |    |     |     |     |
|----------------------------------|----|----|-----|-----|-----|
| Температура по шкале прибора, °C | 40 | 80 | 100 | 110 | 120 |
| Допустимая погрешность, °C       | ±8 | ±5 | ±5  | ±6  | ±6  |

На этой установке может быть проверен отдельно указатель с заведомо исправным датчиком или датчик с заведомо исправным указателем.

Сопротивление датчиков при изменении температуры должны соответствовать данным табл. 9.9, 9.10.

**Таблица 9.9. Зависимость сопротивления датчика TM100A от температуры**

|                   |         |         |       |       |       |
|-------------------|---------|---------|-------|-------|-------|
| Температура, °C   | 40      | 80      | 100   | 110   | 120   |
| Сопротивление, Ом | 320–440 | 128–142 | 82–91 | 66–74 | 55–62 |

**Таблица 9.10. Зависимость сопротивления датчика TM106 от температуры**

|                   |           |         |         |       |
|-------------------|-----------|---------|---------|-------|
| Температура, °C   | 30        | 50      | 90      | 130   |
| Сопротивление, Ом | 1350–1880 | 585–820 | 155–196 | 51–65 |

Проверку указателей можно производить с реостатом, сопротивление которого соответствует данным табл. 9.9, 9.10. Упрощенную проверку измерителей температуры по одной точке 100°С можно провести и без термометра, опуская датчик в кипящую воду.

При проверке измерителей уровня топлива в комплекте датчик–указатель поплавков датчика перемещают на заданную высоту над базовой плоскостью или на заданный угол, отмечая показания указателя.

Для проверки измерителей давления необходима установка с эталонным манометром и насосом, создающим давление или разрежение. В датчиках сигнализирующих систем обычно подгорают контакты. Поэтому их рекомендуется проверять через 45–80 тыс. км пробега и при необходимости заменять.

Отказы спидометра связаны с нарушением регулировки скоростного узла, заеданием барабанчиков скоростного узла, обрывом или ослаблением крепления гибкого вала. Проверку следует начинать с крепления гибкого вала у прибора и у коробки передач. Если трос оборван, следует, поворачивая входной валик спидометра, убедиться, не является ли это следствием повреждения червячных пар передачи к счетному узлу.

Колебания стрелки спидометра могут вызываться неправильным монтажом гибкого вала, плохим его закреплением, проводкой вала с радиусом изгиба менее 150 мм, попаданием грязи внутрь оболочки приводного вала спидометра.

Шум гибкого вала при работе спидометра может быть вызван повреждением его оболочки, отсутствием смазки или проводкой с малым радиусом изгиба.

Указатели и датчики современных приборов не ремонтируются, ремонт системы производится заменой отказавших изделий на исправные. Электронные информационные системы допускают ремонт с заменой отказавших блоков.

## Электропривод вспомогательного оборудования автомобиля

Применение электропривода на автомобилях стремительно расширяется. Это связано с тенденцией повышения комфорта в салоне, что требует перекалывания физических усилий водителя и пассажиров на электромеханические устройства, т.е. на электропривод. В последнее время появился термин «полный электропакет», относящийся к автомобилю, оборудованному, кроме распространенных стеклоочистителей, обогревателей и т.п., еще и электроприводом стеклоподъемников, центральной блокировкой замков, системой изменения положения сидений, приводом зеркал заднего вида.

Электропривод состоит из электродвигателя, системы передачи механической энергии потребителю и системы управления. Довольно часто электродвигатель объединяют с приводимым агрегатом и частично с системой управления и защиты. Электродвигатель, объединенный с редуктором, образует моторредуктор, а с насосом – мотонасос.

### 10.1. Электродвигатели

С помощью электродвигателей приводятся в действие отопительные и вентиляционные установки, стекло- и фароочистители, стеклоподъемники и т.п. На автомобили устанавливаются коллекторные электродвигатели постоянного тока мощностью, выбираемой из ряда 6, 10, 16, 25, 40, 60, 90, 120, 150, 180, 250 Вт, и частотой вращения, соответствующей ряду 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 8000, 9000 и 10000 мин<sup>-1</sup>.

Двигатели с электромагнитным возбуждением имеют параллельное, последовательное и смешанное возбуждение. Регулирование их частоты вращения может осуществляться введением резистора в цепь возбуждения или якоря или переключением в цепи обмотки возбуждения. Реверсивные двигатели снабже-

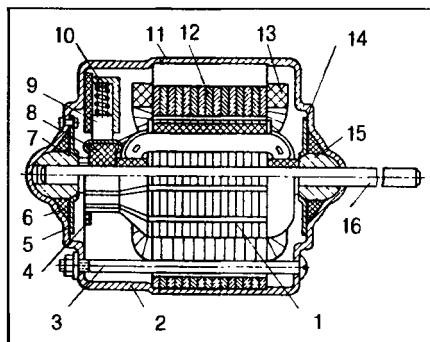


**Рис. 10.1. Электродвигатель с электромагнитным возбуждением:**

1 – якорь; 2 – крышка; 3 – винт; 4 – траверса; 5, 14 – плоские пружины; 6 – сапник; 7, 15 – подшипники; 8 – коллектор; 9 – щетки; 10 – щеткодержатель; 11 – корпус; 12 – статор; 13 – обмотка возбуждения; 16 – выходной вал



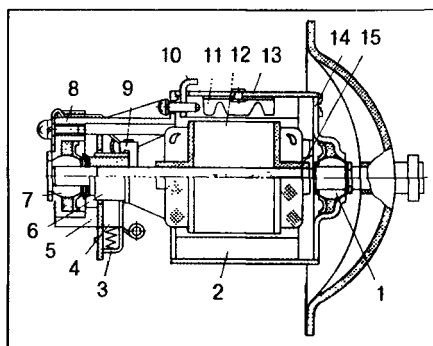


**Рис. 10.2. Электродвигатель 45.3730 с возбуждением от постоянных магнитов:**

1, 7 – подшипник; 2 – постоянный магнит; 3 – щеткодержатель; 4 – щетка; 5 – траверса; 6 – коллектор; 8, 14 – крышки; 9 – катушка индуктивности; 10 – крепежная пластина; 11 – пружина крепления магнита; 12 – якорь; 13 – корпус; 15 – изоляционная пластина якоря

ны двумя обмотками возбуждения. Конструкция электродвигателя с электромагнитным возбуждением представлена на рис. 10.1. Электродвигатели малой мощности (до 60 Вт) выполняются двухполюсными, пакеты статора и якоря набираются из стальных пластин толщиной 0,6–1 мм. Электродвигатели с электромагнитным возбуждением постепенно вытесняются электродвигателями с возбуждением от постоянных магнитов (рис. 10.2.). Применение постоянных магнитов упрощает конструкцию электродвигателя. На электродвигателях малой мощности устанавливаются подшипники скольжения. Коллекторы выполняются штамповкой из медной ленты или трубы с продольными пазами на внутренней поверхности и опрессовываются пластмассой. В автомобильных электродвигателях используются магниты из гексаферрита бария изотропные

6БИ240, М6БИ230Ж и анизотропные 24БА210, 18БА220 и 14БА255. Последние три

**Таблица 10.1. Размеры и конфигурация постоянных магнитов**

| Обозначение                   | Конфигурация | Тип | Размеры, мм      |                  |                  |                  |
|-------------------------------|--------------|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                               |              |     | $R_{\text{маг}}$ | $h_{\text{маг}}$ | $l_{\text{маг}}$ | $b_{\text{маг}}$ |
| 6БИ240                        |              | 1   | 14,7             | 4,3              | 15               | –                |
|                               |              | 2   | 24,5             | 5                | 30               | –                |
| 24БА210<br>24БА210<br>18БА220 |              | 3   | 29               | 7,7              | 15               | 51,6             |
|                               |              | 4   | 29               | 7,7              | 31               | 51,6             |
|                               |              | 5   | 35,5             | 7,7              | 30               | 64               |
| 14БА255                       |              | 6   | 54               | 7                | 31,2             | –                |

цифры в наименовании магнита указывают на величину его коэрцитивной силы по намагниченности в кА. Остаточная индукция составляет для 6БН240 – 0,19 тл, для 18БА220 – 0,33 тл, для 24БА210 – 0,37 тл.

Размеры и конфигурации магнитов представлены в табл. 10.1.

**Таблица 10.2. Технические данные электродвигателей с электромагнитным возбуждением**

| Электро-<br>двигатель               | Напряжение,<br>В | Полезная<br>мощность, Вт | Сила<br>потребляемого<br>тока, А | Частота<br>вращения,<br>мин <sup>-1</sup> | Масса, кг |
|-------------------------------------|------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|-----------|
| <b>Параллельное возбуждение</b>     |                  |                          |                                  |                                           |           |
| МЭ7Б,Д                              | 12               | 15                       | 3,8                              | 2000                                      | 0,83      |
| МЭ7Г                                | 12               | 10                       | 3                                | 2600                                      | 0,83      |
| МЭ12                                | 12               | 15                       | 3,8                              | 6500                                      | 1,3       |
| МЭ22А                               | 12               | 120                      | 28                               | 3000                                      | 6,3       |
| МЭ230                               | 24               | 15                       | 2,1                              | 5500                                      | 1,3       |
| МЭ231                               | 24               | 12                       | 1,8                              | 2200                                      | 1,3       |
| <b>Последовательное возбуждение</b> |                  |                          |                                  |                                           |           |
| МЭ65В                               | 24               | 40/16*                   | 5,5/4*                           | 3000/2000                                 | 2,7       |
| МЭ106                               | 12               | 40/16                    | 11/6,5                           | 3000/2000                                 | 3,5       |
| МЭ201                               | 12               | 11                       | 3,5                              | 5500                                      | 0,5       |
| МЭ202А                              | 12               | 11                       | 3,5                              | 4500                                      | 0,5       |
| МЭ202Б,В                            | 24               | 11                       | 1,9                              | 4500                                      | 0,5       |
| МЭ208                               | 24               | 11                       | 1,7                              | 5500                                      | 0,5       |
| МЭ211Б                              | 12               | 25                       | 5,3                              | 3000                                      | 1,3       |
| МЭ218В                              | 12               | 25                       | 5,3                              | 3000                                      | 1,3       |
| МЭ222                               | 12               | 220                      | 43                               | 6500                                      | 5,0       |
| МЭ226                               | 12               | 40                       | 7,5                              | 3500                                      | 1,65      |
| МЭ226 В                             | 24               | 40                       | 4                                | 3000                                      | 1,65      |
| МЭ225 А                             | 12               | 12                       | 4,5                              | 4000                                      | 0,85      |
| МЭ247 А                             | 24               | 25                       | 2,1                              | 3600                                      | 1,3       |
| МЭ252                               | 24               | 180                      | 12,5                             | 6500                                      | 4,7       |
| МЭ252 Б                             | 24               | 280                      | 18,1                             | 8000                                      | 4,8       |
| МЭ256 Б                             | 24               | 220                      | 22                               | 7000                                      | 5,2       |
| 11.3730                             | 24               | 150                      | 16,5                             | 3000                                      | 6,5       |
| <b>Смешанное возбуждение</b>        |                  |                          |                                  |                                           |           |
| 32.3730                             | 12               | 180                      | 29                               | 6500                                      | 4,7       |
| МЭ14А, Б                            | 12               | 15                       | 4,2                              | 1500                                      | 1,3       |

\* – дробью представлены параметры двухскоростных двигателей.

Постоянные магниты типов 1 и 2 применяются обычно в электродвигателях насосов оmyвателей стекол и заливаются в пластмассовый корпус, остальные типы магнитов прикрепляются к корпусу пластинчатыми стальными пружинами или приклеиваются.

В электродвигателях применяются щетки марок М1, 96, 960, ЭГ51. В двух-скоростных электродвигателях между двумя основными щетками устанавливается третья. Частота вращения электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов зависит от числа рабочих проводников обмотки якоря, заключенных между щетками. При подаче питания на третью щетку число таких проводников уменьшается и частота вращения растет.

Технические данные основных типов электродвигателей с электромагнитным возбуждением приведены в табл. 10.2, а с возбуждением от постоянных магнитов – в табл. 10.3.

**Таблица 10.3. Основные данные электродвигателей с возбуждением от постоянных магнитов**

| Электродвигатель | Привод           | Напряжение, В | Полезная мощность, Вт | Частота вращения вала, мин <sup>-1</sup> | Масса, кг |
|------------------|------------------|---------------|-----------------------|------------------------------------------|-----------|
| МЭ268            | Омывателя        | 12            | 10                    | 9000                                     | 0,14      |
| МЭ268В           | —»—              | 24            | 10                    | 9000                                     | 0,15      |
| 45.3730          | Отопителя        | 12            | 90                    | 4100                                     | 1,0       |
| МЭ11.81.3730     | —»—              | 12            | 6                     | 3000                                     | 0,5       |
| МЭ237            | —»—              | 24            | 25                    | 3000                                     | 0,9       |
| МЭ236            | —»—              | 12            | 25                    | 3000                                     | 1         |
| МЭ255            | —»—              | 12            | 20                    | 3000                                     | 0,8       |
| 19.3730          | —»—              | 12            | 40                    | 3000                                     | 1,3       |
| МЭ250            | —»—              | 24            | 40                    | 3000                                     | 1,3       |
| 51.3730          | —»—              | 12            | 90                    | 3000                                     | 1,3       |
| 49.3730          | —»—              | 12            | 27                    | 4500                                     | 0,68      |
| 491.3730         | —»—              | 12            | 50                    | 5000                                     | 0,68      |
| 492.3730         | —»—              | 24            | 27                    | 4500                                     | 0,68      |
| 493.3730         | —»—              | 24            | 50                    | 5000                                     | 0,68      |
| 74.3730          | —»—              | 12            | 11                    | 5500                                     | 0,5       |
| 9702.3730        | —»—              | 24            | 90                    | 3000                                     | 1,6       |
| 9742.3730        | —»—              | 12            | 90                    | 3000                                     | 1,6       |
| МЭ237Б           | Стеклоочистителя | 12            | 12                    | 2000                                     | 0,9       |
| МЭ237Е           | —»—              | 24            | 12                    | 2000                                     | 0,9       |
| МЭ251            | Вентилятора      | 24            | 5                     | 2500                                     | 0,5       |
| МЭ272, 68.3730   | —»—              | 12            | 110                   | 2600                                     | 2,5       |
| 70.3730          | —»—              | 12            | 110                   | 2600                                     | 1,8       |
| 73.3730          | —»—              | 24            | 5                     | 2500                                     | 0,5       |
| 62.3730          | —»—              | 24            | 5                     | 2500                                     | 0,5       |
| 81.3730          | —»—              | 12            | 6                     | 3000                                     | 0,5       |

Коэффициент полезного действия электродвигателей зависит от их мощности, но обычно не превышает 60%.

## 10.2. Моторедукторы

Моторедукторы применяются в стекло- и фарочистителях, электроприводе блокировки замков дверей, стеклоподъемниках. На рис. 10.3 представлен моторедуктор стеклоочистителя заднего стекла 47.3730. Конструкция моторедуктора определяется конструкцией входящего в него электродвигателя, однако при этом вал электродвигателя удлинен и заканчивается нарезкой червяка редуктора. Стенка корпуса редуктора играет роль передней крышки электродвигателя, щеточный узел расположен со стороны редуктора. Червячное колесо приводит в действие кривошипно-шатунный механизм, состоящий из зубчатых секторов, преобразующий вращательное движение вала двигателя в движение щеток. Зубчатые секторы позволяют расширить угол колебания щеток до  $120^\circ$ .

В моторедуктор встроены концевой выключатель, обеспечивающий укладку щеток в крайнем положении при выключении моторедуктора, и биметаллический предохранитель. Для очистки фар круглой формы достаточен угол колебания щетки  $60^\circ$ . Малогабаритные редукторы, применяемые в фарочистителях, не имеют червячного механизма. Выходной вал редуктора, параллельный валу двигателя, получает колебательное движение от многоступенчатого редуктора и двухзвенного кривошипно-шатунного механизма, состоящего из шатуна и поводка (рис. 10.4). Для прямоугольной фары достаточен угол колебаний  $45^\circ$ , и моторедуктор очистки таких фар имеет однозвенный кривошипный механизм, состоящий из шатуна и закрепленного на боковой поверхности пальца, входящего в прорезь шатуна.

Концевой выключатель разрывает цепь электроснабжения двигателя, когда

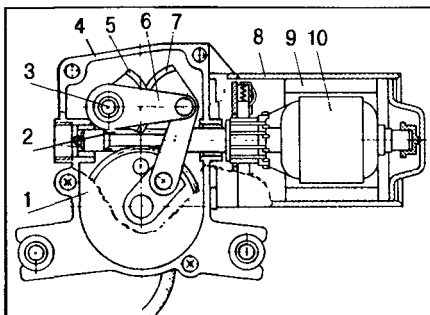


**Рис. 10.3. Моторедуктор 47.3730 стеклоочистителя заднего стекла:**

1 – шестерня; 2 – червяк; 3 – выходной вал; 4 – корпус редуктора; 5, 7 – зубчатые сектора; 6 – сьрга; 8 – корпус электродвигателя; 9 – постоянный магнит; 10 – якорь

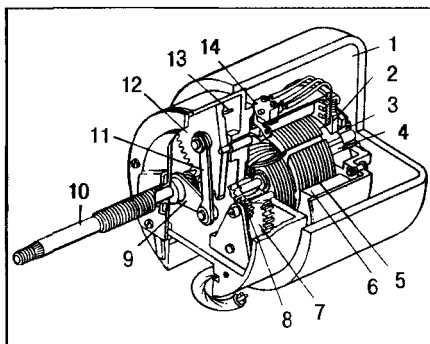


**Рис. 10.4. Моторедуктор 221.3730 очистителя фар:**

1 – корпус; 2 – щетки; 3 – подшипник; 4 – коллектор; 5 – якорь; 6 – постоянный магнит; 7 – ведомая шестерня первой ступени редуктора; 8 – ведущая шестерня второй ступени редуктора; 9 – поводок; 10 – выходной вал; 11 – шатун; 12 – ведомая шестерня второй ступени редуктора; 13 – шток; 14 – выключатель

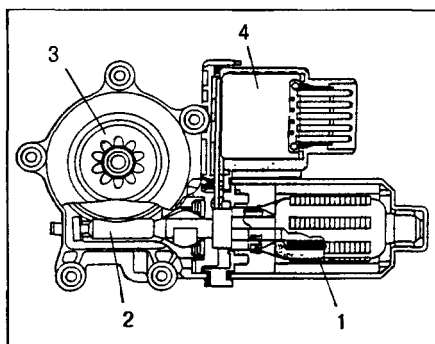


**Рис. 10.5. Моторедуктор стеклоподъемника:**  
1 – электродвигатель; 2 – червячный редуктор;  
3 – выходная шестерня; 4 – блок управления

ление механизмом подъема (рис. 10.5). Такая конструкция может содержать одно- или многоступенчатый промежуточный редуктор, позволяющий при той же скорости подъема стекла увеличить частоту вращения якоря электродвигателя и, следовательно, уменьшить его габариты и массу.

Если габариты электродвигателя не позволяют разместить его в зоне стеклоподъемного механизма, то там располагается лишь червячный редуктор, вал которого приводится во вращение гибким валом, стальной струной или иным

его шток попадает в углубление на выходной шестерне. Многие моторедукторы стеклоочистителей не имеют кривошипно-шатунного механизма. В этом случае вращательное движение преобразуется в колебательное рычажным механизмом щетки.

Конструкция моторедукторов стеклоподъемников в значительной мере зависит от размеров электродвигателя. Если габариты малы и допускают расположение моторедуктора в зоне механизма подъема стекла, то редуктор объединен с двигателем в единую конструкцию, в которой редуктор через червячное колесо осуществляет управ-

**Таблица 10.4. Параметры моторедукторов**

| Мото-редуктор | Привод            | Напряжение, В | Сила потребляемого тока, А | Момент на выходном валу, Н·м | Частота вращения вала, мин <sup>-1</sup> | Масса, кг |
|---------------|-------------------|---------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------------------|-----------|
| 16.3730       | Стеклоочиститель  | 24            | 2/3*                       | 3,92                         | 35/51                                    | 2,5       |
| 161.3730      | —»—               | 12            | 4/6                        | 3,92                         | 35/51                                    | 2,5       |
| 171.3730      | —»—               | 12            | 3,5/5                      | 3,92                         | 35/55                                    | 2,0       |
| 46.3730       | —»—               | 12            | 4,5/7,5                    | 2,35                         | 35/53                                    | 2,5       |
| 471.3730      | —»—               | 12            | 2,0                        | 0,49                         | 50                                       | 1,1       |
| 52.3730       | —»—               | 24            | 2,5/3,5                    | 2,94                         | 35/51                                    | 2,8       |
| 84.3730       | —»—               | 12            | 4/4,7                      | 5                            | 45/65                                    | 1,5       |
| МЭ241,        |                   |               |                            |                              |                                          |           |
| 85.3730       | —»—               | 12            | 3                          | 1                            | 60                                       | 1,3       |
| 22.3730       | Фароочиститель    | 12            | 1,5                        | 0,49                         | 50                                       | 0,65      |
| 30.3730       | —»—               | 12            | 1,5                        | 0,49                         | 50                                       | 0,65      |
| 7902.3730     | Подъем антенны    | 12            | 4                          | —                            | 4000                                     | 0,5       |
| 87.3730       | Блокировка замков | 12            | 5                          | 25**                         | —                                        | 0,2       |

\* – дробью указаны параметры двухскоростных моторедукторов;

\*\* – для моторедуктора 87.3730 указано усилие втягивания рейки (Н).

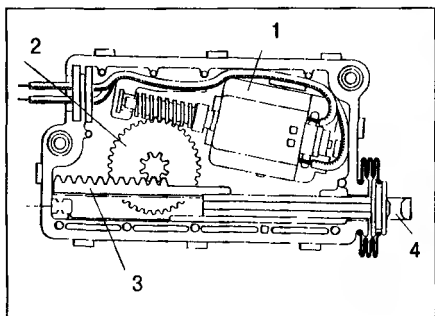


**Рис. 10.6. Моторедуктор блокировки замков дверей:**

1 – электродвигатель; 2 – червячный редуктор;  
3 – рейка; 4 – передвижной щиток

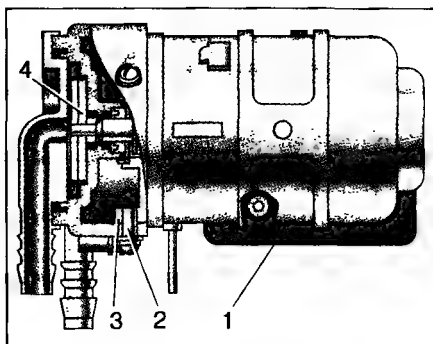


**Рис. 10.7. Мотонасос 2002.3730:**

1 – электродвигатель; 2 – манжета; 3 – корпус насоса; 4 – крыльчатка

способом от вала электродвигателя. Наиболее прост по устройству моторедуктор блокировки замков дверей (рис.10.6).

Моторедуктор 87.3730 имеет электродвигатель с возбуждением от постоянных магнитов, на выходном валу которого расположена шестерня, перемещающая зубчатую рейку, осуществляющую в зависимости от направления вращения вала двигателя блокировку или разблокировку дверных замков через передвижной шток.

В моторедуктор 87.3730 встроено устройство коммутации цепи управления моторедуктором. Моторедуктор 871.3730 устройства коммутации не имеет.

Основные технические данные моторедукторов представлены в табл. 10.4.

### 10.3. Мотонасосы

Мотонасосы применяются в системах омывателей стекол и фар, в струйной фароочистке, системе перекачки жидкости, в системе обогрева и т.п. Мотонасос представляет собой соединение в одну общую конструкцию электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов и жидкостного насоса. На рис.10.7 показана конструкция мотонасоса 2002.3730 струйной фароочистки автомобиля ГАЗ-3102. Крыльчатка центробежного насоса, закрепленная на валу электродвигателя, выполнена из пластмассы, внутренняя полость электродвигателя защищена от попадания влаги резиновой манжетой. Режим работы мотонасосов – кратковременный или повторно-кратковременный.

В табл. 10.5 приведены основные технические параметры мотонасосов.

### 10.4. Схемы управления электроприводом

Схема управления электроприводом осуществляет его включение и выключение, изменение частоты и направления вращения вала электродвигателя, уста-

Таблица 10.5. Параметры мотонасосов

| Тип мотонасоса | Назначение           | Напряжение, В | Потребляемый ток, А (не более) | Перепад давления, МПа | Применяемость                 |
|----------------|----------------------|---------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| 2002.3730      | Струйная фароочистка | 12            | 40                             | 0,3                   | ГАЗ-3102 с двигателем ЗМЗ-402 |
| 9602.3730      | Струйная фароочистка | 12            | 20                             | 0,38                  | ГАЗ-3102 с двигателем ЗМЗ-406 |
| 274.3730       | Омыватель стекол     | 12            | 3                              | 0,16                  | Автомобили ВАЗ, ГАЗ-3102      |
| 99.3730        | Омыватель стекол     | 12            | 3                              | 0,11                  | БАЗ-3778                      |
| 351.3730       | Обогрев салона       | 12            | 3,7                            | 0,015                 | ГАЗ-33023, -2705, -3221 и др. |
| 75.3730        | Электро-бензонасос   | 12            | 6,5                            | 3,9                   | РАФ-22038                     |

навливают заданное время включения и очередность включения отдельных элементов электропривода, а также защиту их от аварийных режимов и перегрузок.

У большинства агрегатов автомобиля схема управления электроприводом предельно проста – включение электродвигателя осуществляется непосредственно выключателем или через контакты промежуточного реле. В более сложных системах используются датчики, таймеры и т.п. Электровентильные системы охлаждения двигателей внутреннего сгорания (рис. 10.8) управляются реле *KV*, обмотка которого включается в сеть через контакты *SK* термобиметаллического датчика. Если температура в системе охлаждения ДВС ниже, чем температура срабатывания датчика *SK*, то даже при включении выключателя *SA* электродвигатель *M* остается отключенным от сети. Если же температура системы охлаждения ДВС достигнет уровня срабатывания датчика *SK*, он замыкает свои контакты и реле *KV* включает электродвигатель вентилятора в работу. Охлаждение ДВС заставляет вентилятор вновь отключиться. Такая система обеспечивает оптимальный тепловой режим ДВС и, как следствие, экономию топлива.

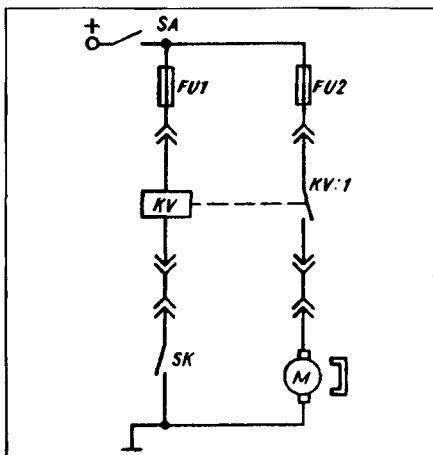


Рис. 10.8. Схема управления электровентилятором системы охлаждения двигателя

Алгоритм управления стеклоочисти-

телем в простейшем случае должен обеспечивать работу с малой и большой частотой вращения его электродвигателя и укладку щеток при отключении стеклоочистителя в крайнее положение, в котором они не мешают обзору водителя. На рис.10.9 приведены схемы управления стеклоочисткой с электродвигателями, возбуждаемыми постоянным магнитом, и с электромагнитным возбуждением, соответствующие этому алгоритму.

Переключатель *SA* имеет три положения, соответствующие требованиям алгоритма. В положении *I* электропитание подается непосредственно на основные щетки электродвигателя, и он работает на низкой частоте вращения. Перевод переключателя в положение *II* подводит питание к третьей щетке электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов или через резистор  $R_d$  к параллельной обмотке возбуждения двигателя со смешанным электромагнитным возбуждением. При этом двигатель переходит на высокую частоту вращения с повышенной интенсивностью очистки.

Для остановки привода выключатель переводится в положение "ноль". Однако двигатель при этом сразу не останавливается и продолжает работать, получая питание через размыкающий контакт концевого выключателя *SQ*. В схеме на рис. 10.9, а, после установки щеток в крайнее положение концевой выключатель срабатывает и замыкает замыкающий контакт, после этого электропитание двигателя прекращается и он ускоренно останавливается в режиме динамического торможения, т.к. его щетки оказываются соединены между собой накоротко. В схеме на рис. 10.9, б, остановка двигателя происходит с соединением щеток через обмотки возбуждения.

Биметаллический предохранитель *FU* защищает двигатель от перегрузки, возникающей, например, из-за примерзания щеток к стеклу. Более полный алгоритм управления стеклоочисткой содержит требования периодичности включения стеклоочистителя с перерывом в 2-7 с, а также совместное со стеклоочистителем управление стеклоомывателем. Периодичность включения обеспечивалась ранее применением теплового реле, в частности, РС514. Однако наиболее полно алгоритму управления стеклоочистителем и стеклоомывателем отвечают электронные реле. На рис. 10.10 представлена схема электронного реле 522.3747 управления стеклоочистителем и омывателем стекла.

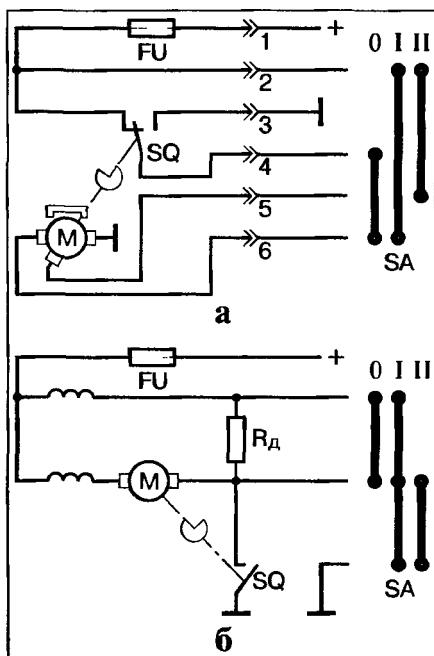


**Рис. 10.9. Схема управления двухскоростным стеклоочистителем:**

*а* – возбуждение от постоянных магнитов;

*б* – электромагнитное возбуждение





сторонами  $VT3$  и  $VT4$ , которые периодически включают обмотку реле в сеть питания. Реле срабатывает, замыкает свои контакты  $KV1$ , включая через вывод  $S$  электродвигатель стеклоочистителя в работу на малой скорости. Появление напряжения на выводе  $S$  реле 522.3747 происходит с частотой 14 циклов в минуту. Реле 522.3747 при включении стеклоомывателя одновременно включает в работу и двигатель стеклоочистителя на малой частоте вращения.

При переводе выключателя  $SA$  в положение  $VI$  (стеклоомыватель включен) через вывод 86 происходит смещение в прямом направлении перехода база–эмиттер транзистора  $VT1$ . Следствием этого является переход в открытое состояние транзисторов  $VT1$ ,  $VT2$ ,  $VT3$  и  $VT4$ . Реле  $KV$  замыкает свои контакты  $KV1$  и стеклоочиститель вступает в работу.

После отключения стеклоомывателя конденсатор  $C3$  некоторое время имеет возможность разряжаться на цепь база–эмиттер транзистора  $VT2$ , поддерживая  $VT2$ ,  $VT3$  и  $VT4$  в открытом состоянии. При этом после отключения омывателя стеклоочистка прекращается не сразу, а после 2–4 полных циклов очистки.

На некоторых автомобилях, например ВАЗ–2108 электродвигатель омывателя объединен в один узел с насосом, образуя единый узел – мотонасос. Мотонасос нагнетает жидкость в три магистрали – к ветровому стеклу, к заднему стеклу и к фарам. Открытие магистрали осуществляется электромагнитными клапанами. На схеме на рис.10.10 электромагнитный клапан  $K$  магистрали омывателя ветрового стекла включается одновременно с включением электродвигателя мотонасоса  $M2$  при переводе выключателя  $SA$  в положение  $VI$ . Дiod  $VD5$  служит для развязки цепей электродвигателя  $M2$  и клапана  $K$ , чем обеспечивается возможность работы мотонасоса для подачи жидкости в другие магистрали. В системе очистки заднего стекла автомобиля ВАЗ–2108 электронное реле времени 45.3747 (рис.10.11) после возвращения рычага выключателя стеклоомывателя в исходное положение еще в течение 5 с держит клапан и мотонасос во включенном состоянии. Это достигается медленным нарастанием напряжения на конденсаторе  $C1$ , подсоединенном к затвору полевого транзистора  $VT1$ . Переход  $VT1$  в открытое состояние открывает  $VT2$ , закрывает  $VT3$  и отключает реле  $K1$  от цепи питания.

Схема управления струйной фароочисткой с реле 2902.3747 и мотонасосом 2002.3730 представлена на рис.10.12. После отключения выключателя  $SA$  реле в течение 4 с удерживает электродвигатель струйной очистки во включенном состоянии до тех пор, пока через контакты реле  $K1.1$ , диод  $VD2$ , резисторы  $R7$ ,  $R8$  не зарядится конденсатор  $C2$ . После его зарядки напряжение на эмиттере  $VT3$  становится достаточным для перехода  $VT3$  и с ним  $VT2$  в открытое состояние, а  $VT1$  – в закрытое, с отключением реле  $K1$  и остановкой электродвигателя  $M$ .

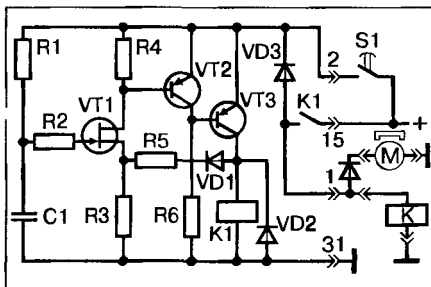


Рис. 10.11. Схема реле 45.3747 управления стеклоомывателем

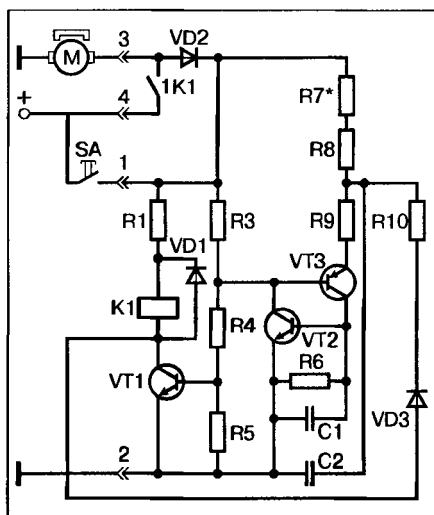


Рис. 10.12. Схема управления струйной фароочисткой

Схема управления системой блокировки замков дверей с моторедуктором 87.3730 и электронным блоком управления 7403.3761 представлена на рис.10.13. Нажатие кнопки SA2 открывает транзисторы VT3, VT4 и подключает к цепи питания реле KV2, которое включает электродвигатель M моторедуктора с полярностью «+» на его выводе 2 и «-» на выводе 1. При такой полярности электродвигатель перемещает рейку в сторону осуществления блокировки дверей. При нажатии SA1 аналогично срабатывает реле KV1, на вывод 2 подается «-», на вывод 1 «+», и двигатель M, вращая редуктор в обратную сторону, разблокирует двери. Концевой выключатель SQ блокирует кнопки SA1 и SA2. Он устанавливается только в моторедукторах 87.3730 блокировки передних

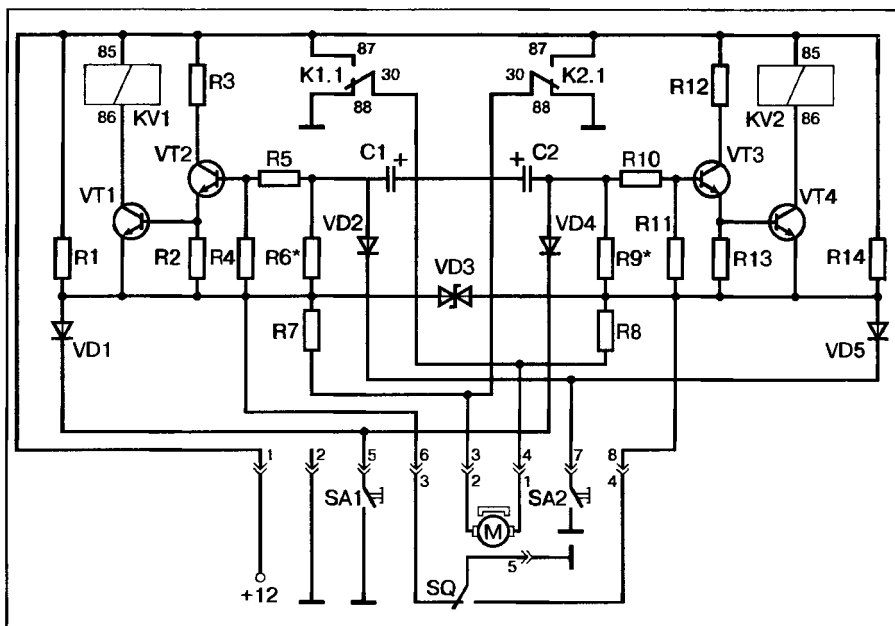


Рис. 10.13. Схема управления системой блокировки замков дверей

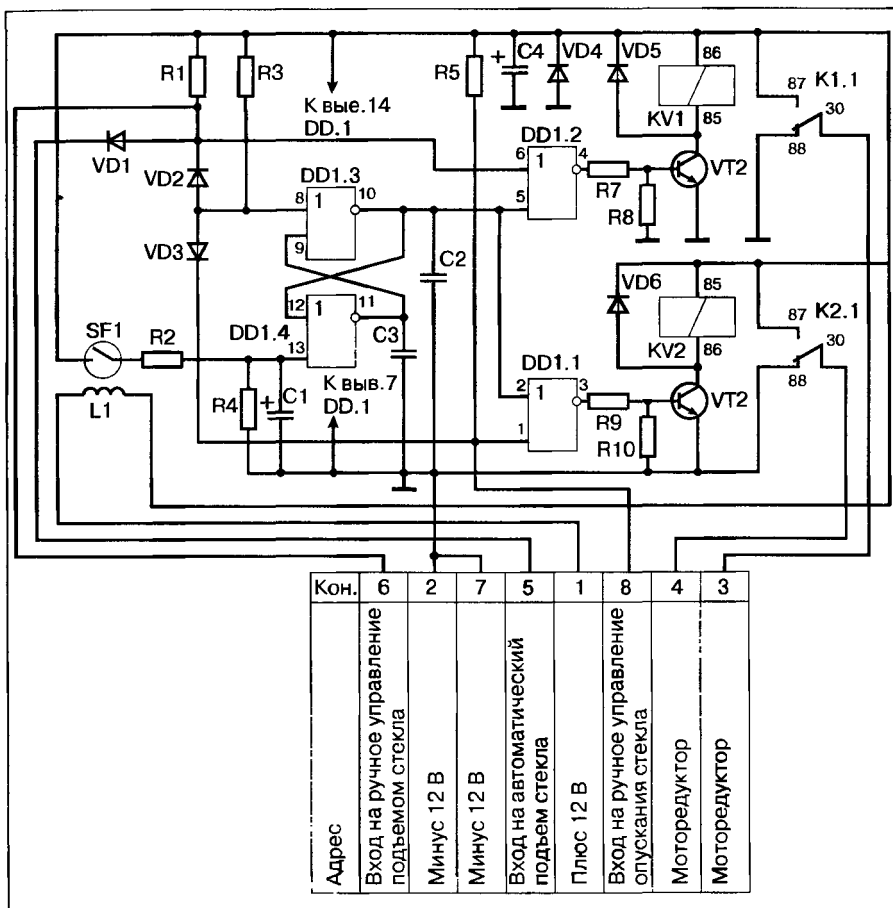


Рис. 10.14. Схема блока управления стеклоподъемником

дверей, моторедукторы 871.3730 задних дверей выключателем SQ не оборудованы, блок 7403.3761 управляет одновременно двумя моторедукторами 87.3730 и двумя 871.3730.

На рис. 10.14 представлена схема блока управления стеклоподъемом 1903.3763, где сигнал на подъем или опускание стекла изменяет полярность электропитания электродвигателя моторедуктора и заставляет его вращаться в ту или иную сторону. Сигнал может поступить с переключателя системы управления стеклоподъемником или автоматически с центрального блокировочного устройства. Остановку двигателя моторедуктора производит система, реагирующая на величину тока электродвигателя. При установке стекла в крайнее положение или попадании в щель над закрываемым стеклом руки во-

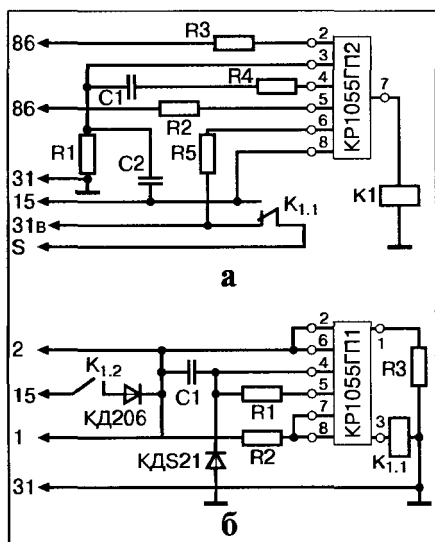


Рис. 10.15. Схема управления стеклоочистителем (а) и реле стеклоомывателя (б) на микросхемах КР1055ГП2 и КР1055ГП1

дителя или пассажира, двигатель затормаживается, ток двигателя возрастает и по сигналу от термобиметаллического выключателя, геркона или микровыключателя с датчиком Холла происходит остановка двигателя. В современных схемах управления электроприводом все чаще применяются специализированные микросхемы. На рис. 10.15 приведены схемы управления стеклоочистителем и реле стеклоомывателя, выполненные на микросхемах КР1055 ГП2 и КР10 55 ГП1. Функции схем и маркировка выводов аналогичны схемам 522.3747 и 451.3747.

## 10.5. Техническое обслуживание электропривода

Современные системы электропривода спроектированы так, что не требуют никакого обслуживания за весь срок эксплуатации. Требуется лишь проверять их работоспособность и крепление проводов к выводам элементов электропривода. Электродвигатель, не работавший более трех-четырех месяцев, должен быть включен на 15–20 с для самоочистки коллектора. Отказы электроприводов вызываются электрическими и механическими причинами.

К механическим причинам относятся заедание подшипников, заклинивание редукторов, примерзание щеток к стеклу, закупорка каналов стеклоомывателей, задевание рычагов стеклоочистителя за кузов, обрыв гибких валов привода стеклоподъемников. К электрическим причинам относятся нарушение контактов в соединителях, срабатывание защитной аппаратуры, повреждение выключателей и переключателей, выход из строя реле, сгорание обмоток электродвигателей, зависание щеток, подгорание коллектора, нарушение контактов в датчиках. При срабатывании предохранителя следует прежде всего выяснить причину срабатывания и лишь потом восстанавливать работоспособность предохранителя. В качестве защитных элементов в автомобильном электроприводе все чаще стали применяться позисторы.

При их срабатывании работоспособность восстанавливается только после отключения электропривода от сети питания. Если после выключения стеклоочистителя щетки не устанавливаются в крайнее положение, следует ослабить гайку крепления их рычага к оси поводка и переместить щетку в нужное положение.

Основные неисправности электропривода сведены в табл. 10.6.

**Таблица 10.6. Неисправности электропривода и способы их устранения**

| Причина неисправности                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Способ устранения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p align="center"><b>При включении системы электродвигатель привода не работает, предохранители не срабатывают</b></p> <p>Повреждение проводов в схеме управления или цепи электроснабжения<br/>электродвигателя, окисление наконечников проводов, загрязнение штекера, ослабление крепления в болтовых соединениях<br/>Повреждение выключателя или переключателя системы, отказ реле схемы управления, отказ датчика<br/>Зависание щеток электродвигателя, окисление, загрязнение или сильное подгорание коллектора</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p align="center"><b>При включении системы электродвигатель привода не работает, предохранители срабатывают</b></p> <p>Короткое замыкание проводов<br/><br/>Сгорание обмоток якоря или обмоток возбуждения электродвигателя<br/>Примерзание щеток к стеклу, задевание рычагов стеклоочистителя за кузов<br/><br/>Заклинивание редукторов стеклоочистителей, подшипников, крыльчатки мотонасоса</p>                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p align="center"><b>Электродвигатель стеклоочистителя не работает в прерывистом режиме</b></p> <p>Повреждение проводов, ведущих к реле РС-514 или 522.3747<br/>Повреждение выключателя стеклоочистителя<br/>Повреждение реле РС-514 или 522.3747</p>                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p align="center"><b>Щетка не устанавливается в исходное положение при выключении стеклоочистителя</b></p> <p>Окисление или неплотное прилегание контактов концевого выключателя</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>После осмотра проводов, штекерных и болтовых соединений устранить обрыв, зачистить наконечники проводов, подтянуть соединения</p> <p>Заменить выключатель, переключатель, датчик или реле</p> <p>Отремонтировать или заменить электродвигатель</p>                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>После осмотра проводов устранить замыкание<br/>Заменить электродвигатель</p> <p>Осмотреть механизм стеклоочистителя и рычагов. Устранить причину, мешающую нормальному перемещению щеток.<br/>При задевании рычагов за кузов снять их, выровнять и установить на место<br/>Отремонтировать или заменить моторредуктор, мотонасос или электродвигатель</p> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>После осмотра проводов зачистить их соединения, поврежденные провода заменить<br/>Заменить поврежденный выключатель</p> <p>Заменить неисправное реле</p>                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>Снять крышку редуктора и зачистить контакты выключателя, при необходимости подогнуть пластину его подвижного контакта</p>                                                                                                                                                                                                                                 |

| Причина неисправности                                                                                               | Способ устранения                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Электродвигатель работает, но щетки стеклоочистителя не вращаются</b>                                            |                                                                                                                                             |
| Поломка зубьев зубчатого колеса редуктора, ослабление соединений в механизме привода                                | Снять редуктор с двигателя, заменить зубчатое колесо, подтянуть соединения                                                                  |
| <b>У холодного двигателя не выключается электровентилятор системы охлаждения</b>                                    |                                                                                                                                             |
| Залипание контактов датчика температуры охлаждающей жидкости или реле управления                                    | Отсоединить провод, идущий к датчику или контактам реле управления.<br>Если электродвигатель при этом выключится, заменить датчик или реле. |
| <b>Электровентилятор системы охлаждения двигателя не включается при температуре охлаждающей жидкости выше 102°C</b> |                                                                                                                                             |
| Повреждение проводов или их соединений в цепи электроснабжения электродвигателя                                     | Заменить поврежденные провода, соединения зачистить                                                                                         |

Проверку элементов электропривода можно осуществить, пользуясь следующими рекомендациями: неисправность выключателей определяется переключением их выводов; срабатывание предохранителя, который обычно встраивается внутрь моторедуктора, сопровождается характерным щелчком; отказ электродвигателя определяют, измеряя величину потребляемой им силы тока и частоту вращения при номинальном напряжении. Если сила тока слишком велика, частота вращения мала или ток отсутствует (двигатель не включается), значит он неисправен.

Электродвигатели и моторедукторы ремонту не подлежат, но замену щеток, зачистку коллектора, смазку подшипников, замену шестерен редуктора можно выполнить достаточно просто, разобрав двигатель или моторедуктор.

Для разборки двигателя с возбуждением от постоянных магнитов в большинстве случаев достаточно отвернуть болты крепления задней крышки к корпусу, а для двигателей с электромагнитным возбуждением – болты, стягивающие переднюю и заднюю крышки.

Проверку реле 522.3747 можно осуществить, подведя «+» аккумуляторной батареи к выводам J и 15, а «-» к выводу 31. Если при этом контрольная лампа мощностью не более 3 Вт, подсоединяемая между выводами S и 31, станет мигать, то реле в прерывистом режиме исправно. Исправность режима совместной работы стеклоочистки и стеклоомывателя проверяется подачей питания на выводы 15 и 31 и одновременно на вывод 86. У исправного реле после обесточивания вывода 86 лампа продолжает светиться 3–7 с.

Проверку реле 451.3747 можно производить, запитав его через выводы 15 и 31 и подсоединив контрольную лампу к выводам 1 и 31. У исправного реле после кратковременного переключения выводов 2 и 15 контрольная лампа должна загореться и погаснуть через 5 с. Аналогично можно проверить реле 2902.3747, подведя питание к выводам 4 и 2 и, кратко временно, к выводу 1. После этого контрольная лампа, включенная между выводами 3 и 2, должна загореться и погаснуть через 4 с.

## Схемы электрооборудования. Коммутационная и защитная аппаратура

На автомобилях применяется однопроводная система передачи электроэнергии с общим соединением на «массу» (кузов) автомобиля, двухпроводным включением обеспечены лишь отдельные потребители, например, стояночные огни, звуковые сигналы.

Схема электрооборудования объединяет в единый комплекс источники электроэнергии и потребителей, аппараты защиты и коммутации электрических цепей. Отечественным стандартом предусмотрены два вида схем – принципиальная схема и схема соединений.

Принципиальная схема облегчает понимание принципа действия электрооборудования, поиск неисправностей, и дает полное представление о взаимодействии всех изделий электрооборудования. На ней главные питающие цепи располагаются горизонтально, а потребители электроэнергии включаются между ними и «массой» автомобиля.

Схема соединения показывает действительное расположение изделий электрооборудования на автомобиле, а также фактическое подключение их в бортовую сеть автомобиля с указанием выхода из пучка каждого провода, расположения переходных колодок, элементов защиты цепи и т.д.

Общая электрическая схема автомобиля состоит из отдельных функциональных систем – источников электроснабжения, аппаратов зажигания, приборов внешнего освещения и сигнализации и т.д.

При подключении электропотребителей в сеть необходимо следовать определенным рекомендациям стандартов.

Кратковременно работающие мощные потребители (стартер, прикуриватель), а также приборы, работа которых необходима в аварийных случаях (звуковой сигнал, аварийная сигнализация, розетка переносной лампы, подкапотная лампа), подключаются к линии аккумулятор–генератор или аккумулятор–амперметр там, где установлен амперметр.

Потребители, включаемые при работающем двигателе, подсоединяются в цепь питания через выходы выключателя зажигания. Сюда относятся стеклоочиститель, отопитель, контрольно-измерительные приборы, указатели поворотов, фонарь заднего хода. На автомобилях с дизельным двигателем они включаются через выключатель приборов и стартера. Все приборы наружного освещения подключаются через выключатель наружного освещения. Аварийная сигнализация указателей поворота управляется своим выключателем.

Все электрические цепи, кроме цепей зажигания и пуска, должны быть защищены от коротких замыканий и перегрузок. Защита от коротких замыканий в цепях зажигания и пуска не вводится, чтобы не снижать их надежность.





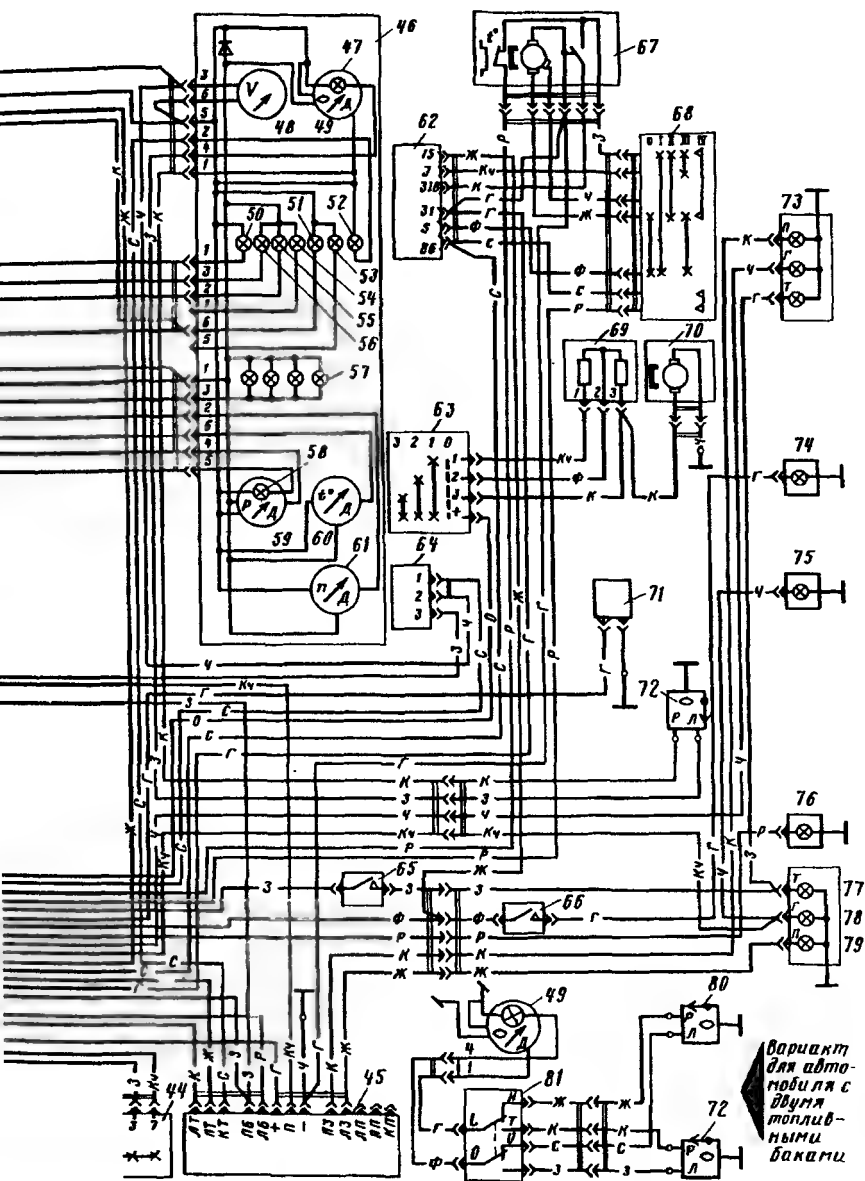


**Рис. 11.1. Схема электрооборудования автомобиля ГАЗ-33021 «Газель»:**

1 – передний указатель поворота; 2 – фара (габаритный, ближний и дальний свет); 3 – свеча зажигания; 4 – помехоподавительное сопротивление; 5 – датчик-распределитель зажигания; 6 – плафон; 7 – подкапотный фонарь; 8 – лампа головного света; 9 – лампа габаритного света; 10 – электродвигатель стеклоомывателя; 11 – повторитель указателя поворота; 12 – регулятор напряжения; 13 – транзисторный коммутатор; 14 – катушка зажигания; 15 – переключатель противотуманного заднего фонаря; 16 – нижний блок предохранителей; 17 – звуковой сигнал; 18 – повторитель указателей поворота; 19 – генератор; 20 – блок предохранителей; 21 – реле стартера; 22 – добавочный резистор катушки зажигания; 23 – переключатель освещения; 24 – стартер; 25 – реле разгрузки выключателя зажигания; 26 – электромагнитный клапан; 27 – выключатель системы ЭПХХ; 28 – блок управления ЭПХХ; 29 – аккумуляторная батарея; 30 – выключатель зажигания; 31 – прерыватель ручного тормоза; 32 – выключатель стояночного тормоза; 33 – датчик сигнализатора неисправности тормозов; 34 – датчик сигнализатора перегрева охлаждающей жидкости; 35 – датчик указателя температуры охлаждающей жидкости; 36 – датчик указателя давления масла; 37 – датчик сигнализатора аварийного давления масла; 38 – переключатель указателей поворота; 39 – верхний блок предохранителей; 40 – зуммер сигнала водителю; 41 – розетка переносной лампы; 42 – плафон платформы; 43 – выключатель сигнала водителю; 44 – переключатель аварийной световой сигнализации; 45 – прерыватель указателей поворота; 46 – комбинация приборов; 47 – сигнализатор остатка топлива; 48 – указатель напряжения; 49 – указатель уровня топлива; 50 – сигнализатор перегрева охлаждающей жидкости; 51 – сигнализатор неисправности рабочих тормозов и включение стояночного тормоза; 52 – сигнализатор указателей поворота; 53 – резервный сигнализатор; 54 – резервный сигнализатор; 55 – сигнализатор дальнего света фар; 56 – сигнализатор габаритных огней; 57 – лампа подсветки; 58 – сигнализатор аварийного давления масла; 59 – указатель давления масла; 60 – указатель температуры охлаждающей жидкости; 61 – тахометр; 62 – реле управления стеклоочистителя; 63 – переключатель электродвигателя отопителя; 64 – прикуриватель; 65 – выключатель сигнала торможения; 66 – выключатель света дальнего хода; 67 – электродвигатель стеклоочистителя; 68 – переключатель стеклоочистителя; 69 – резистор электродвигателя отопителя; 70 – электродвигатель отопителя; 71 – радиоприемник; 72 – датчик указателя уровня топлива в левом баке; 73 – задний фонарь; 74 – фонарь света заднего хода; 75 – фонарь освещения номерного знака; 76 – задний противотуманный фонарь; 77 – лампа сигнала торможения; 78 – лампа заднего габаритного света; 79 – лампа указателя заднего поворота; 80 – датчик указателя уровня топлива в правом баке; 81 – переключатель датчиков бензобаков.

Однако современные электронные системы зажигания имеют схемную защиту от перегрузок. Введение предохранителей в цепь заряда аккумуляторной батареи не является обязательным, но многие зарубежные фирмы устанавливают предохранитель и в эту цепь. Возможна защита одним предохранителем нескольких электрических цепей, однако такая групповая защита не допускается для взаимозаменяемых устройств и аварийных цепей.

Маркировка выводов изделий электрооборудования и соответствующее обозначение их на схемах отечественных автомобилей все более приближается к принятой на зарубежных автомобилях и, в частности, допускаемой германским стандартом DIN 72 552. Стандарт, к примеру, определяет следующие обозначения некоторых выводов:

1 – низковольтная цепь катушки зажигания и распределителя; 4 – высоковольтная цепь этих же уст–

ройств; 15 – вывод через выключатель зажигания “+” аккумуляторной батареи на систему зажигания; 30 – “+” бортовой сети; 31 – “масса”; 49 – указатель поворота; 50 – стартер; 53 – стеклоочиститель; 56 – головной свет (56а – дальний, 56в – ближний свет); 58 – габаритные огни; 85, 86 – выводы обмотки электромагнитного реле; 87, 88 – контакты реле.

Буквенные индексы конкретизируют номерные обозначения выводов. Обозначения выводов генераторных установок подробно рассмотрены в гл. 3.

Маркировка проводов по цвету изоляции создает удобство при их монтаже и ремонте. Сплошная расцветка выполняется в 10 цветов, комбинированная – дополнительно на цветную расцветку наносятся полосы или кольца белого, черного, красного или голубого цвета. Применение цветных проводов на автомобиле подчиняется определенным правилам. Все соединения изделий с корпусом автомобиля (“массой”) должны выполняться проводами одного цвета. Провод, соединяющий коммутирующий прибор (выключатель, переключатель) или предохранитель с линией электроснабжения, должен иметь тот же цвет, что и провод сети, к которой происходит подключение.

Участки цепи, проходящие через разборные или неразборные контактные соединения, должны выполняться проводом одинаковой расцветки. Участки цепи, разделенные контактами реле, предохранителями, резисторами и т. п., должны иметь различную расцветку. Расцветка проводов, проложенных в разных жгутах, может повторяться. На рис. 11.1 приведена для примера принципиальная схема автомобиля ГАЗ–33021 “Газель”. Окраска проводов обозначена одной или двумя (для комбинированной расцветки) буквами.

## 11.1. Автомобильные провода

Провода высокого напряжения, применяющиеся во вторичной цепи системы зажигания, подробно рассмотрены в гл. 6.

Провода низкого напряжения применяются для соединений в бортовой сети и состоят из медных токопроводящих жил с изоляцией из поливинилхлоридного пластика или резины. Жилы выполняются из луженой или нелуженой медной проволоки, обладающей высокой электропроводностью, эластичностью и технологически просто соединяемой с наконечниками, штекерами и т.п.

Провода могут иметь бронированную изоляцию для защиты от механических повреждений и экранирующую оплетку для снижения уровня радиопомех на автомобиле.

Одножильные гибкие провода ПВА, ПВАЭ (экранированный) и ПВАЛ (с луженой жилой) рекомендуются к использованию в жгутах, работающих при температуре от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+105^{\circ}\text{C}$ .

Для температурного диапазона от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+80^{\circ}\text{C}$  предназначены провода ПГВА, ПГВАД (двухжильный), ПГВАЭ (экранированный) и ПГВАБ (бронированный). Провода ПГВА–ХЛ устанавливаются на автомобилях, эксплуатирующихся в районах с холодным климатом. Их температурный диапазон: от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ . Для переносных ламп применяются провода ШВПТ с параллельно уложенными жилами и ПЛНТ с резиновой изоляцией.

Плетеный неизолированный провод АМГ используется для соединения вывода аккумуляторной батареи с "массой" и помехоподавляющих перемычек кузова.

На грузовых автомобилях в электрических цепях используется кабель КГВВА. Сечение жилы в мм<sup>2</sup> автомобильных проводов соответствует ряду 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; толщина изоляции составляет от 0,35 мм (сечение 0,5 мм<sup>2</sup>) до 1,6 мм (95 мм<sup>2</sup>).

Провода перед установкой на автомобиль собираются в жгуты, представляющие собой законченное электротехническое изделие, содержащее, кроме проводов, их наконечники, резиновые защитные колпачки, оплетку и т.п. Длина проводов в жгуте должна быть не менее 100 мм, ответвлений – не менее 50 мм. Перспективными являются плоские жгуты, в которых провода прикреплены к основе методом тепловой сварки. Такие жгуты шириной до 60 мм используются, в частности, на автомобилях семейства ВАЗ–2108. Наконечники проводов выполняются под винтовое крепление с диаметром отверстия на 0,2 ÷ 0,5 мм больше диаметра винта и в виде штекеров. Плоские штекеры выпускаются толщиной 0,2 ÷ 0,5 мм и шириной 2,8 мм; 4,8 мм; 6,3 мм; 9,5 мм. Максимально допустимый ток для штекеров 2,8 мм – 6 А; 6,3 мм – 20÷30 А; 9,5 мм – 30÷40 А.

Сечение провода в жгуте выбирается, исходя из их тепловой нагрузки, определяемой температурой окружающей жгут среды, числом проводов в жгуте, тепловой нагрузкой провода и конструкцией жгута. Нормы допустимых токовых нагрузок отечественных жгутов традиционной конструкции представлены в табл. 11.1, а плоских жгутов при прокладке провода в один слой – в табл. 11.2.

Для проводов зарубежного производства при выборе их сечения предлагаются усредненные рекомендации вне зависимости от числа проводов в жгуте. Провода сечением жилы менее 1 мм<sup>2</sup> к установке на транспортные средства не рекомендуются ввиду их малой механической прочности.

Рекомендации стандарта DIN VDE 0298 (Германия) по выбору одножильных нелуженых проводов с поливинилхлоридной изоляцией приведены в табл. 11.3.

**Таблица 11.1 Допустимая токовая нагрузка для жгутов проводов**

| Номинальное сечение, мм² | Постоянная токовая нагрузка, А, при температуре окружающей среды, °С |      |      |      |      |      |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|
|                          | 30°С                                                                 |      | 50°С |      | 80°С |      |
|                          | Число проводов в жгуте                                               |      |      |      |      |      |
|                          | 2-7                                                                  | 8-19 | 2-7  | 8-19 | 2-7  | 8-19 |
|                          |                                                                      |      |      |      |      |      |
| 0,5                      | 9,5                                                                  | 6,5  | 7,5  | 5,0  | 5    | 3,5  |
| 0,75                     | 12                                                                   | 6,5  | 9,5  | 6,5  | 6,5  | 4,5  |
| 1                        | 14,5                                                                 | 10,5 | 11,5 | 8    | 7,5  | 5,5  |
| 1,5                      | 19                                                                   | 13   | 15   | 10,5 | 10   | 7    |
| 2,5                      | 26                                                                   | 16   | 20,5 | 14   | 14   | 9,5  |
| 4,0                      | 34,5                                                                 | 23,5 | 28   | 16,5 | 18,5 | 12,5 |
| 6,0                      | 44                                                                   | 31   | 36   | 25   | 26   | 18   |

Провода должны быть проверены на допустимое падение напряжения. Падение напряжения в проводе  $\Delta U_{пр}$  определяется из соотношения

$$\Delta U_{пр} = \frac{\rho l}{S}$$

где удельное сопротивление медного провода при 20°C  $\rho = 0,0185 \text{ Ом мм}^2/\text{м}$ .  
 $S$ ,  $l$ ,  $I$  – соответственно сечение в мм<sup>2</sup>, длина в м и сила тока в проводе А.

**Таблица 11.2. Допустимая токовая нагрузка для плоских жгутов**

| Номинальное сечение, мм <sup>2</sup> | Постоянная токовая нагрузка, А, при температуре окружающей среды, °C |      |      |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------|------|
|                                      | 30°C                                                                 | 50°C | 80°C |
| 0,5                                  | 9                                                                    | 7,5  | 5,5  |
| 0,75                                 | 11                                                                   | 9,5  | 7    |
| 1                                    | 13                                                                   | 11   | 8    |
| 1,5                                  | 17                                                                   | 15   | 10   |
| 2,5                                  | 23                                                                   | 19   | 13   |
| 4                                    | 31                                                                   | 25   | 17   |

**Таблица 11.3. Допустимая токовая нагрузка для одножильных проводов**

| Номинальное сечение, мм <sup>2</sup>                 | 1    | 1,5  | 2,5  | 4    | 6    | 10   | 16   |
|------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Максимальное сопротивление 1 м провода при 20°C, МОм | 18,5 | 12,7 | 7,6  | 4,71 | 3,14 | 1,82 | 1,16 |
| Допустимая постоянная токовая нагрузка:              |      |      |      |      |      |      |      |
| при 30°C                                             | 19   | 24   | 32   | 42   | 54   | 73   | 98   |
| при 50°C                                             | 13,5 | 17   | 22,7 | 29,8 | 38,3 | 51,8 | 69,6 |

**Продолжение табл.11.3**

| Номинальное сечение, мм <sup>2</sup>                 | 25    | 35    | 50    | 70    | 95    | 120   |
|------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Максимальное сопротивление 1 м провода при 20°C, МОм | 0,743 | 0,527 | 0,368 | 0,259 | 0,196 | 0,153 |
| Допустимая постоянная токовая нагрузка:              |       |       |       |       |       |       |
| при 30°C                                             | 129   | 158   | 198   | 245   | 292   | 344   |
| при 50°C                                             | 91,6  | 112   | 140   | 174   | 207   | 244   |

**Таблица 11.4. Переходные сопротивления контактов**

| Приборы                          | Центральный<br>переключатель<br>света  | Ножной<br>переключатель<br>света | Выключатель<br>зажигания   | Перекидной<br>переключатель            |
|----------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|
| Переходное<br>сопротивление, МОм | 0,17                                   | 0,14                             | 0,05                       | 0,05                                   |
| Изделия                          | Переключатель<br>указателя<br>поворота | Выключатель<br>«массы»           | Плавкий<br>предохранитель  | Биметал-<br>лический<br>предохранитель |
| Переходное<br>сопротивление, МОм | 0,4                                    | 0,02                             | 0,13                       | 0,05                                   |
| Изделия                          | Соединительная<br>панель               | Реле<br>электромагнитное         | Переключатель<br>клавишный | Штекерное<br>соединение                |
| Переходное<br>сопротивление, МОм | 0,08                                   | 0,07                             | 0,8                        | 0,015                                  |

Если потребитель подключается по двухпроводной системе, то  $l$  составляет суммарную длину прямого и обратного проводов. Падение напряжения в цепи складывается не только из падения напряжения в проводе, но и из падений напряжения в переходных контактах штекерных соединений, выключателях, соединительных панелях и т.д.

Переходные сопротивления контактов не должны превышать величин, приведенных в табл. 11.4.

С учетом падений напряжения в проводящих цепях минимальное напряжение в цепях дальнего и ближнего света должно быть 12,6 (25,1) В, передних габаритных огней, указателей поворота, задних габаритных огней 12,3 (15,5) В, задних указателей поворота, сигнала торможения 12,7 (26,3) В.

Падение напряжения в стартерной цепи при токе 100 А не должно превышать 0,2 В для номинального напряжения 12 В и 0,4 В в системе 24 В.

## 11.2. Защитная аппаратура

Защита электрических цепей от коротких замыканий и перегрузок осуществляется плавкими, термобиметаллическими предохранителями и позисторами.

Плавкие предохранители снабжены калиброванной ленточкой, расплавляющейся, если ток в цепи достигает опасных значений.

У малогабаритных предохранителей штекерного типа (рис.11.2, а) калибро-

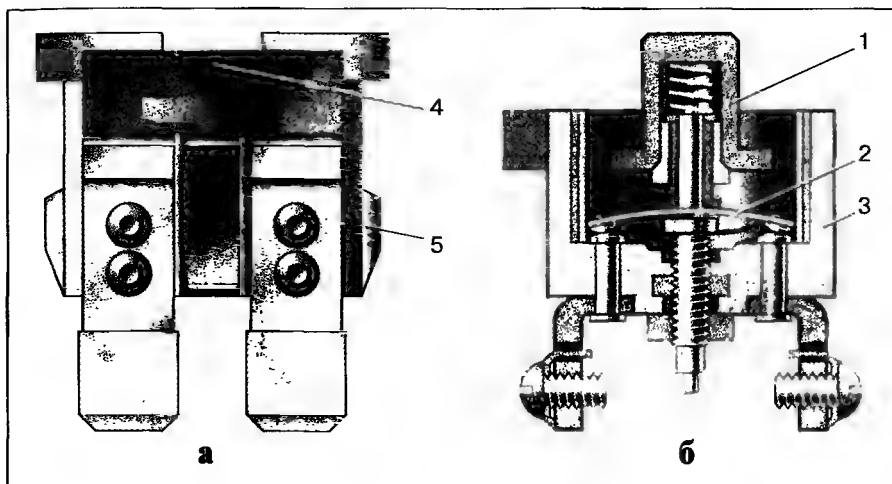


**Рис. 11.2. Устройство предохранителей:**

*а – плакового штекерного типа; б – термобиметаллического; 1 – кнопка возврата; 2 – биметаллическая пластина; 3 – корпус; 4 – плавкий элемент; 5 – пластмассовая оболочка*

ванная ленточка помещена в пластмассовую оболочку, что увеличивает скорость их срабатывания.

Действие термобиметаллических предохранителей основано на прогибе биметаллических пластин при прохождении по ним тока (рис.11.2, б).

Термобиметаллические предохранители более инерционны по сравнению с плавкими, их рекомендуется применять в цепях защиты электродвигателей. Эффективность действия предохранителей определяется по их ампер–секундной характеристике, связывающей силу тока, проходящего через предохранитель, и время его срабатывания.

Ампер–секундная характеристика плавких предохранителей ПР10А, ПР12А, ПР13А приведена на рис.11.3, а, а термобиметаллических предохранителей ПР2Б, ПР3, ПР310, ПР315 – на рис. 11.3, б.

Величина номинального тока нагрузки  $I_n$  указана по отношению к номиналь-

**Таблица 11.5. Сила тока предохранителей**

| Сечение провода, мм <sup>2</sup>                      | 0,5 | 0,75 | 1  | 1,5 | 2,5 | 4  |
|-------------------------------------------------------|-----|------|----|-----|-----|----|
| Номинальная сила тока для предохранителя:<br>плавкого | 8   | 10   | 10 | 16  | 20  | 30 |
| термобиметаллического                                 | 10  | 15   | 15 | 20  | 30  | 40 |



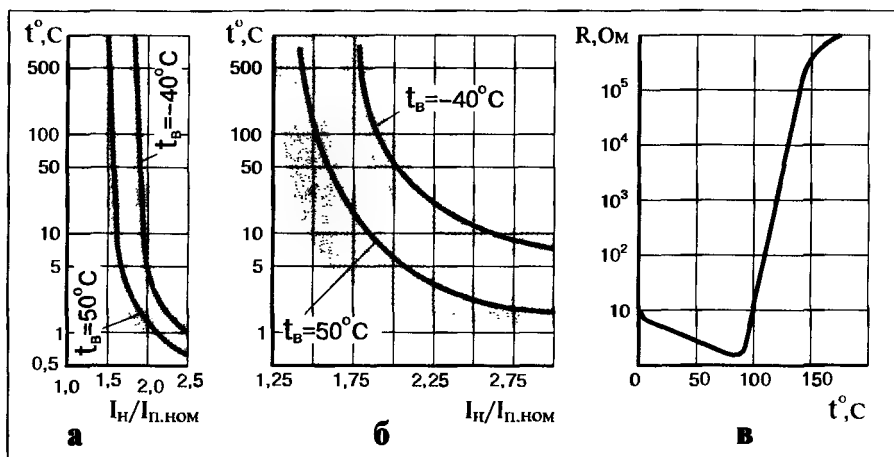


Рис. 11.3. Ампер–секундные характеристики предохранителей:

а – плавких; б – термобиметаллических; в – зависимость сопротивления  $R$  от температуры  $t$  позистора

ной силе тока предохранителя  $I_{пн}$ . Характеристика имеет существенный разброс и зависит от температуры окружающей среды.

Плавкая вставка не должна расплавляться в течение 30 мин при силе тока, в 1,5 раза превышающей номинальную, и должна разрывать электрическую цепь не более чем за 10 с при силе тока, в 3 раза превышающей номинальную.

Малогобаритный плавкий предохранитель срабатывает при двукратном повышении силы номинального тока не более чем за 5 с.

Термобиметаллические предохранители при нормальных температурных условиях и силе тока, в 2,5 раза превышающей номинальную, срабатывают не более чем за 25 с. Предохранители такого типа с самовозвратом при кратности тока около 2 срабатывают не более чем за 3 мин. Плавкие предохранители обычно объединяются в блоки.

Номинальная сила тока предохранителя связана с сечением проводящей жилы провода (табл. 11.5).

Позисторы широко применяются для защиты электрических цепей электродвигателей зарубежных автомобилей.

Позистор представляет собой вид полупроводникового терморезистора, у которого сопротивление при достижении определенной температуры (точки Кюри) возрастает на несколько порядков. Материалом для позисторов служит титанатбариевая керамика с примесью редкоземельных элементов. На рис. 11.3, в, представлена температурная зависимость сопротивления позистора.

С увеличением протекающего через позистор тока возрастает его нагрев и при достижении током критической величины позистор резко увеличивает свое сопротивление, защищая цепь от перегрузки. Для приведения схемы в нормальное состояние напряжение с участка цепи, защищаемой позистором, следует отключить.

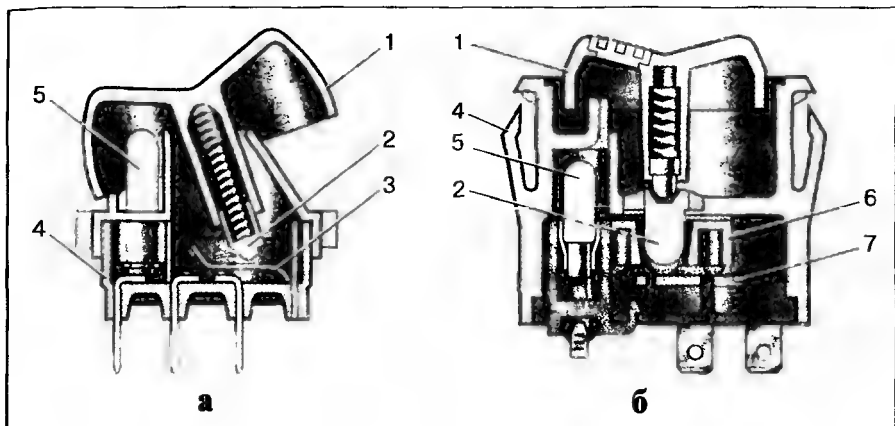


**Рис. 11.4. Клавишные выключатели:**

**а** – перекидной; **б** – ползунковый; 1 – клавиша; 2 – толкатель; 3 – перекидная пластина; 4 – корпус; 5 – лампа подсветки; 6 – подвижные контакты; 7 – неподвижный контакт

### 11.3. Коммутационная аппаратура

Коммутационная аппаратура связывает электропотребителей и бортовую сеть и делится на коммутационную аппаратуру прямого действия – выключатели, переключатели, кнопки, и аппаратуру дистанционного действия – реле, контакторы. Аппаратура прямого действия может объединяться в комбинированные многофункциональные устройства.

В рукоятки элементов коммутационной аппаратуры прямого действия в ряде случаев встраиваются лампы со светофильтрами, цвет которых зависит от функционального назначения аппаратуры: красный, предупреждающий о необходимости принятия мер для предотвращения аварийной ситуации, оранжевый – необходимо принять меры для обеспечения нормальной работы, зеленый – нормальная работа, синий – включен дальний свет, двигатель находится в холодном состоянии, а также лампы подсветки, облегчающие поиск в темноте.

Условные обозначения, поясняющие функциональное назначение включаемого устройства, стандартизованы.

По конструктивному исполнению выключатели и переключатели делятся на кнопочные, клавишные, поворотные, в том числе со съемным ключом, рычажные.

Клавишные выключатели и переключатели широко распространены на автомобилях. Они имеют два, а переключатели три фиксированных положения. В перекидной конструкции рис. 11.4, а, при нажатии клавиши пружинный толкатель перекидывает контактную пластину, замыкающую контакты. В ползунковой конструкции рис. 11.4, б, толкатель перемещает контактную пластину. При этом происходит самоочищение контактов. Падение напряжения на контактах выключателей и переключателей не должно превышать 0,1 В.

Поворотные конструкции применяются в выключателях зажигания и подру-

левых переключателях.

Выключатель зажигания коммутирует системы зажигания, пуска, стеклоочистителей, указателей поворота, фонаря заднего хода, а в некоторых случаях фар головного света и радиоприемника.

Основой выключателя является контактный узел, состоящий из подвижных и неподвижных контактных дисков.

Некоторые выключатели зажигания оборудованы противоугонным устройством, блокировкой от повторного включения стартера и сигнализацией об оставленном ключе зажигания. В таком случае повторное включение стартера возможно лишь после возврата выключателя в нулевое положение.

Подрулевые переключатели имеют несколько отдельных контактных уз-

лов, управляемых собственными рукоятками. Переключатель наружного освещения и световой сигнализации управляет переключением фар с ближнего на дальний свет и обратно, указателями поворота, стояночными огнями. Переключатель стеклоочистителя изменяет режим работы стеклоочистителя ветрового стекла: работа на большой, малой скорости, прерывистый режим, включен омыватель, а также включен стеклоочиститель заднего стекла и его омыватель. Положения выключателя предусмотрены фиксированные и нефиксированные, например, для включения омывателя ветрового стекла.

Конструкция кнопочных выключателей аналогична общепромышленным. В них нажатие кнопки переводит подвижный контакт из одного положения в другое. Кнопочный выключатель без фиксации замыкает контакты, отжимаемые затем пружиной.

В системах электрооборудования автомобиля применяются электромагнитные и электронные реле. Обычно на выходе электронного реле устанавливается реле электромагнитное.

Устройство малогабаритного электромагнитного реле представлено на рис. 11.5.

Современные реле характеризуются малым содержанием серебра в контактах и могут иметь пластинчатые или витые пружины. Для установки на печатные платы выпускается специальная модификация реле, допускающая распайку ее выводов прямо на печатных платах.

Параметры малогабаритных реле приведены в табл. 11.6.

Электронные реле имеют схемное исполнение в соответствии со своим функциональным назначением. Современные электронные реле, как правило, выполняются с использованием интегральных микросхем. На рис. 11.6 приведена схема реле прерывателя указателя поворота 493.3747 на микросхеме КР1055ГП1.

Для удобства обслуживания реле и предохранители современных автомобилей располагаются в едином блоке. Блок реле и предохранителей представляет собой

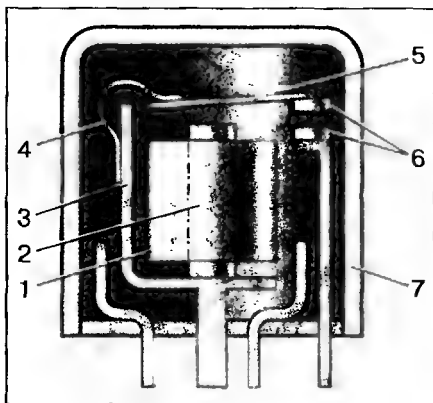


Рис. 11.5. Электромагнитное реле:

1 – обмотка; 2 – сердечник; 3 – ярмо; 4 – пружина; 5 – якорь; 6 – контакты; 7 – крышка

Таблица 11.6 Параметры малогабаритных реле

| Тип реле                     | Номинальное напряжение, В | Номинальная нагрузка на контакты, А | Контакты                   | Напряжение, В |            |
|------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------|------------|
|                              |                           |                                     |                            | срабатывания  | отпускания |
| 11.3747.010                  | 24                        | 10/20                               | закрывающий<br>размыкающий | 8,5–17        | 3–11       |
| 11.3747.010–10               | 24                        | 20                                  | закрывающий                | 8,5–17        | 3–11       |
| 11.3747.010–20               | 24                        | 10                                  | размыкающий                | 8,5–17        | 3–11       |
| 111.3747–10<br>112.3747–10   | 12                        | 20                                  | размыкающий                | менее 8       | 1,5–5,5    |
| 111.3747<br>112.3747         | 12                        | 20/30                               | закрывающий<br>размыкающий | менее 8       | 1,5–5,5    |
| 113.3747                     | 12                        | 30                                  | закрывающий                | менее 8       | 1,5–5,5    |
| 114.3747–10*<br>114.3747–11* | 12                        | 12                                  | закрывающий<br>размыкающий | 4,5–7         | 1,5–4      |
| 115.3747–10*<br>115.3747–11* | 24                        | 6                                   | закрывающий<br>размыкающий | 8,5–14        | 1,4–10     |

\* – реле для печатных плат:

реле 117.3747–10 аналогично 114.3747–10, но имеет только один замыкающий контакт, а реле 118.3747–10 аналогично 115.3747–10, но имеет тоже один замыкающий контакт.

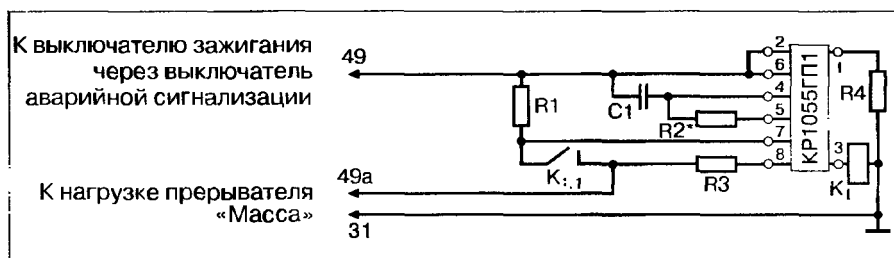


Рис. 11.6. Реле-прерыватель указателя поворота 493.3747 на микросхеме KP1055 ГП1

Таблица 11.7 Параметры блоков реле и предохранителей

| Тип блока  | Номинальное напряжение, А | Количество элементов               |                     |                      |
|------------|---------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------------|
|            |                           | электроме-<br>хани-<br>ческих реле | электронных<br>реле | предохра-<br>нителей |
| 17.3722-01 | 12                        | 7                                  | 4                   | 16                   |
| 27.3722    | 12                        | 5                                  | 3                   | 16                   |
| 23.3722    | 24                        | 11                                 | 1                   | 20                   |

центральное распределительное устройство, связанное через штекерные разъемы и жгуты проводов со всеми элементами бортовой сети автомобиля. Печатный монтаж осуществляет электрическое соединение в блоке. Блок заключен в пластмассовый корпус, на крышке которого нанесены символы функционального назначения располагающихся под ним элементов. Блоки отличаются друг от друга количеством и назначением составляющих их элементов.

В табл. 11.7 приведены параметры некоторых блоков реле и предохранителей.

Монтажные функциональные блоки объединяют в единое устройство отдельные блоки коммутационных устройств, связанных общностью выполняемых функций. Например, функциональный блок 55.3747, предназначенный для коммутации цепей грузовых автомобилей и автобусов, содержит блоки реле наружного освещения и сигнализации, реле сигнализации управления тормозной системой, реле дополнительного электрооборудования, блок электроснабжения и блок полупроводниковых диодов.

Для коммутации силовых цепей на автомобилях и автобусах применяются контакторы, отличающиеся от реле массивной контактной системой, рассчитанной на коммутацию значительной силы тока, наличием двойного

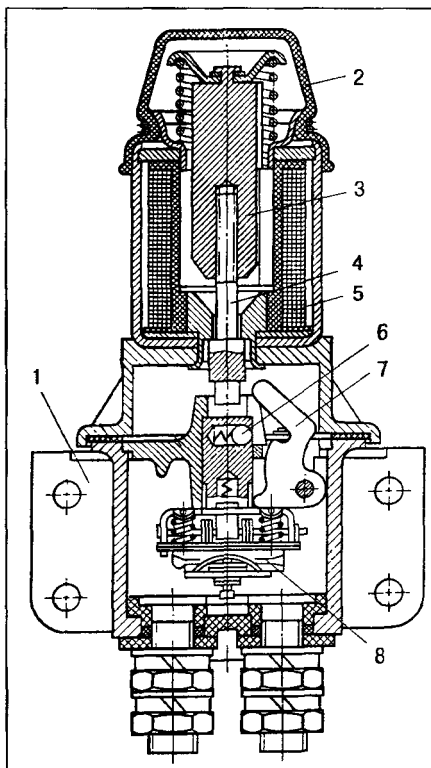


Рис. 11.7. Дистанционный выключатель «массы» автомобилей КамАЗ

1 – корпус; 2 – устройство ручного включения; 3 – якорь; 4 – шток; 5 – обмотка электромагнита; 6 – стопор; 7 – рычаг; 8 – контактное устройство

Таблица 11.8 Параметры и применяемость контакторов

| Тип   | Напряжение , В |              |            | Коммутируемый ток, А | Применяемость                                              |
|-------|----------------|--------------|------------|----------------------|------------------------------------------------------------|
|       | номинальное    | срабатывания | отпускания |                      |                                                            |
| КТ125 | 12             | 10           | 6          | 100                  | ГАЗ–3102,<br>КамАЗ,КрАЗ,МАЗ,<br>БелАЗ<br>ГАЗ–4905,МАЗ–5335 |
| КТ124 | 24             | 20           | 10         | 100                  |                                                            |
| КТ129 | 24             | 20           | 10         | 50                   |                                                            |

разрыва цепи, повышающего надежность работы устройства, а также наличием двух обмоток – втягивающей и удерживающей.

Основные параметры и применяемость контакторов приведены в табл. 11.8.

Дистанционные выключатели «массы» аккумуляторных батарей также предназначены для коммутации силовых электрических цепей на автомобилях и автобусах. На рис. 11.7 представлена конструкция дистанционного выключателя «массы» автомобилей КамАЗ.

Электромагнит при подаче электропитания на его обмотку втягивает якорь и через шток перемещает контактное устройство, замыкающее контакты. При замыкании фиксатор попадает в выемку рычага стопорного устройства, фиксируя контактное устройство в замкнутом положении. После снятия питания с обмотки электромагнита при следующей подаче питания на обмотку шток воздействует на рычаг стопорного устройства, который, поворачиваясь, утапливает фиксатор, после чего пружина контактного устройства разрывает контакты. Выключатель допускает и ручную коммутацию цепи нажатием через резиновый чехол на якорь электромагнита.

## 11.4. Мультиплексная система проводки

Развитие электроники позволяет значительно упростить схему бортовой сети автомобиля, сократить число жгутов и снизить массу соединительных проводов. Мультиплексная система проводки предусматривает подведение ко всем устройствам, входящим в систему, двух общих шин – силовой, по которой к потребителям подводится «плюс» питающей сети, и управляющей, по которой проходит сигнал на включение или выключение, зашифрованный в двоичном коде. Сигнал формируется в мультиплексоре при нажатии соответствующего выключателя. Демультиплексор потребителя, получив сигнал, расшифровывает его и, если он соответствует коду включения этого потребителя, подключает его к питающей сети. Подобным же образом происходит отключение потребителей.

Электронный блок осуществляет синхронизацию прохождения сигналов.

Управляющая шина может представлять собой световод в системе оптической связи. В этом случае управляющий сигнал преобразуется из электрического в световой.

## 11.5. Техническое обслуживание бортовой сети

Нарушение электропроводки на автомобиле чревато весьма серьезными последствиями, вплоть до возникновения пожара. Поэтому при эксплуатации следует соблюдать некоторые правила – не допускать попадания на жгуты, соединители, отдельные провода воды, масла, топлива или электролита, периодически очищать изоляцию проводов от грязи, проверять проводку на наличие нарушения изоляции и изолировать поврежденные места, либо заменять поврежденный провод, предотвращать контактирование проводов с нагретыми деталями двигателя, проверять затяжку винтовых соединений, наличие коррозии на них, а также в штекерных соединениях.

Многократное рассоединение штекерных соединений может привести к падению напряжения в них. Поэтому рассоединять лишний раз штекерное соединение не следует. Все соединения должны быть помещены в защитные чехлы.

При отказе в работе потребителя прежде всего следует убедиться, нет ли нарушения его питающей линии. Для этого следует замерить напряжение на потребителе вольтметром. Место обрыва провода или любого другого элемента цепи можно определить его шунтированием. Для этого конец дополнительного провода соединяют с выводом потребителя, а второй конец подсоединяют последовательно к разъемам цепи, двигаясь по направлению к источнику тока. Включение потребителя в работу фиксирует нарушение контакта в цепи, шунтируемой дополнительным проводом. Следует проверить также соединение потребителя с «массой». Место обрыва подобным способом можно определить контрольной лампой, вольтметром или замером сопротивления тестером. В основном нарушение электропроводки происходит из-за нарушения контакта в штекерных соединениях, поэтому желательно периодически проверять падение напряжения в них.

В местах крепления проводов скобами, у острых металлических кромок, в местах оголения наконечников возможны замыкания проводов на «массу». Место короткого замыкания можно определить замером сопротивления тестером. При срабатывании предохранителя прежде всего следует выяснить причину срабатывания, и лишь потом заменять предохранитель.

В плавких предохранителях запрещается устанавливать нестандартные вставки, запрещается также принудительно удерживать кнопку биметаллического предохранителя при проверке цепи на короткое замыкание, так как перегрев может привести к потере упругих свойств биметалла.

Проверку реле или контакторов можно произвести, подсоединив контрольную лампу через их контакты и подведя напряжение к обмотке. Погасание при этом лампы у реле с размыкающими контактами или загорание у реле с замыкающими контактами фиксирует исправное состояние. Подгорание контактов реле или контакторов можно устранить, зачистив их мелкой шкуркой и промыв бензином или спиртом.

# Предметный указатель

|                                      |          |                                    |          |
|--------------------------------------|----------|------------------------------------|----------|
| Аккумулятор .....                    | 14       | Выводы .....                       | 26       |
| – свинцовый .....                    | 14, 33   | Выключатели .....                  | 161      |
| Аккумуляторная батарея .....         | 12       | – зажигания .....                  | 373      |
| необслуживаемая .....                | 13, 30   | – зажигания и стартера .....       | 161      |
| обычной конструкции .....            | 13       | – клавишный .....                  | 373      |
| Аккумуляторный пробник .....         | 69       | – кнопочный .....                  | 373      |
| Активная поверхность                 |          | – поворотный .....                 | 373      |
| оптической системы .....             | 263      | – рычажный .....                   | 373      |
| Алгоритм .....                       | 202      | Выпрямитель .....                  | 84       |
| – управления .....                   | 220      | – обмотки возбуждения .....        | 85       |
| Амперметр .....                      | 337      | – силовой .....                    | 84       |
| Аналого-цифровой                     |          | Гамма-процентная безотказность ... | 8        |
| преобразователь .....                | 237      | Гамма-процентный ресурс .....      | 8        |
| Аппаратура .....                     | 363      | Генератор бесщеточный .....        | 111      |
| – защитная .....                     | 363, 370 | – вентильный .....                 | 82       |
| – коммутационная .....               | 363, 372 | – компактной конструкции .....     | 105      |
| Аэрозольное пусковое                 |          | Генераторная установка .....       | 81       |
| приспособление .....                 | 183      |                                    |          |
| База транзистора .....               | 87       | Датчик бесконтактный .....         | 196, 197 |
| Блок                                 |          | – Виганда .....                    | 196      |
| – безискровой отсечки .....          | 199      | – давления .....                   | 242, 325 |
| – выпрямительный .....               | 108      | – детонация .....                  | 245      |
| – контрольных ламп .....             | 271      | – индукционный .....               | 200      |
| – ограничения силы выходного тока .. | 199      | – кислорода (λ – зонд) .....       | 246      |
| – реле и предохранителей .....       | 374      | – магнитоэлектрический .....       | 196      |
| – трансформаторно-выпрямительный ..  | 93       | – начала отсчета .....             | 200      |
| – управления ЭПХХ .....              | 219      | – оптоэлектронный .....            | 196      |
| – фонарей .....                      | 298      | – перемещения .....                | 244      |
| – электронный .....                  | 220, 377 | – положения .....                  | 244      |
| Блок-фара .....                      | 285      | – реостатный .....                 | 323      |
| Вал гибкий спидометра .....          | 338      | – температуры .....                | 243      |
| – приводной .....                    | 338      | – термометаллический .....         | 324      |
| – якоря .....                        | 146      | – терморезистивный .....           | 324      |
| Валик приводной .....                | 205      | – угловых импульсов .....          | 200      |
| Венец маховика зубчатый .....        | 133      | – Холла .....                      | 196, 197 |
| Вентилятор .....                     | 100      | – электронных информационных       |          |
| Вольтметр .....                      | 337      | систем .....                       | 327      |
| Впрыскивание топлива                 |          | – электронных систем управления .. | 240      |
| – распределенное .....               | 226      | Датчик-распределитель .....        | 204      |
| – центральное .....                  | 227      | Делитель напряжения .....          | 87, 114  |
| Время подготовки двигателя           |          | Диод .....                         | 89, 110  |
| к принятию нагрузки .....            | 130      | – гасящий .....                    | 116      |
|                                      |          | Диск контактный .....              | 145      |
|                                      |          |                                    | 379      |



|                                                  |          |                                                  |                    |
|--------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------|--------------------|
| <b>Емкость</b> . . . . .                         | 42       | <b>Контроллер</b> . . . . .                      | 200                |
| – зарядная . . . . .                             | 42       | <b>Коррозия</b> . . . . .                        | 8, 77              |
| – разрядная . . . . .                            | 42       | <b>Кулачок прерывательного</b>                   |                    |
| – резервная . . . . .                            | 45       | <b>механизма</b> . . . . .                       | 204                |
| – электродов . . . . .                           | 43       |                                                  |                    |
| <b>Заряд по закону «ампер–часов»</b> . . . . .   | 73       | <b>Лампы</b> . . . . .                           | 267                |
| – при постоянной силе тока . . . . .             | 70       | – галогенные . . . . .                           | 268                |
| – при постоянном напряжении . . . . .            | 72       | – двухнитевые . . . . .                          | 269                |
| – уравнивательный . . . . .                      | 74       | – контрольные . . . . .                          | 269                |
| – форсированный . . . . .                        | 74       | – люминесцентные . . . . .                       | 300                |
| <b>Звуковой сигнал</b> . . . . .                 | 316      | – накаливания . . . . .                          | 267                |
| <b>Знак международного утверждения</b> . . . . . | 266      | – однопроводные . . . . .                        | 269                |
|                                                  |          | – пальчиковые . . . . .                          | 270                |
|                                                  |          | – софитные . . . . .                             | 270, 271           |
| <b>Изделия, устанавливаемые на</b>               |          | <b>Линзы</b> . . . . .                           | 271                |
| <b>двигателе</b> . . . . .                       | 6        | <b>Линзы–призмы</b> . . . . .                    | 272                |
| <b>Измеритель расхода</b>                        |          |                                                  |                    |
| – воздуха . . . . .                              | 229, 240 | <b>Магнит</b> . . . . .                          | 348                |
| – топлива . . . . .                              | 242      | – постоянный . . . . .                           | 152                |
| <b>Индуктор световой</b> . . . . .               | 66       | <b>Магнитопровод</b> . . . . .                   | 203                |
| <b>Индукция электромагнитная</b> . . . . .       | 82       | <b>Машины электрические</b> . . . . .            | 5, 8               |
| <b>Исполнение</b> . . . . .                      | 10       | <b>Механизм привода</b> . . . . .                | 146                |
| <b>Источник</b>                                  |          | <b>Микропереключатель</b> . . . . .              | 219                |
| – света . . . . .                                | 272      | <b>Микропроцессор</b> . . . . .                  | 200                |
| – тока . . . . .                                 | 9        | <b>Микросхема</b> . . . . .                      | 116, 117, 199, 219 |
| – энергии . . . . .                              | 128      | <b>Микро–ЭВМ</b> . . . . .                       | 200                |
| <b>Калильное число</b> . . . . .                 | 208      | <b>Минимальная пусковая частота</b>              |                    |
| <b>Карбюратор с электронным</b>                  |          | <b>вращения коленвала</b> . . . . .              | 129                |
| <b>управлением</b> . . . . .                     | 223      | <b>Минипласт</b> . . . . .                       | 20, 21             |
| <b>Катушка</b> . . . . .                         | 338      | <b>Мипор</b> . . . . .                           | 20                 |
| – зажигания . . . . .                            | 202      | <b>Момент сопротивления</b> . . . . .            | 128                |
| – обмотки статора . . . . .                      | 83       | <b>Моноблок</b> . . . . .                        | 22                 |
| <b>Клапан впускной</b> . . . . .                 | 228      | <b>Мотонасос</b> . . . . .                       | 353                |
| – пневмоэлектромагнитный . . . . .               | 220      | <b>Моторедуктор</b> . . . . .                    | 351                |
| – электромагнитный . . . . .                     | 252      | <b>Мощность</b> . . . . .                        | 9, 40              |
| <b>Класс коммутации</b> . . . . .                | 8        | <b>Мультиплексная система проводки</b> . . . . . | 377                |
| <b>Колесо зубчатое</b> . . . . .                 | 152      | <b>Муфта свободного хода</b> . . . . .           | 146                |
| <b>Коллектор с пластмассовым</b>                 |          |                                                  |                    |
| <b>корпусом</b> . . . . .                        | 141      | <b>Нагрузка вибрационная</b> . . . . .           | 6                  |
| <b>Кольца медные</b> . . . . .                   | 108      | <b>Надежность изделий</b>                        |                    |
| <b>Коммутатор многоканальный</b> . . . . .       | 202      | <b>электрооборудования</b> . . . . .             | 8                  |
| – системы зажигания . . . . .                    | 214      | <b>Наконечники пусковых свечей</b> . . . . .     | 9                  |
| <b>Комплексная система управления</b>            |          | <b>Напряжение</b> . . . . .                      | 34                 |
| <b>двигателем</b> . . . . .                      | 223      | – вторичное . . . . .                            | 194                |
| <b>Конденсатор</b> . . . . .                     | 89       | – зарядное . . . . .                             | 34                 |
|                                                  |          | – конечное . . . . .                             | 35                 |

|                                         |         |                                                   |          |
|-----------------------------------------|---------|---------------------------------------------------|----------|
| – линейное . . . . .                    | 83      | – осветительные . . . . .                         | 262      |
| – номинальное . . . . .                 | 9       | – светосигнальные . . . . .                       | 262      |
| – разрядное . . . . .                   | 34      | Принудительный                                    |          |
| – фазное . . . . .                      | 83      | холостой ход . . . . .                            | 218, 224 |
| Обмотка . . . . .                       | 82      | Пробки . . . . .                                  | 22       |
| – возбуждения . . . . .                 | 82, 138 | Провода автомобильные . . . . .                   | 367      |
| – петлевая . . . . .                    | 107     | Прожектор–искатель . . . . .                      | 286      |
| – простая волновая . . . . .            | 140     | Процессор . . . . .                               | 201      |
| – статора . . . . .                     | 82, 83  | Прочность механическая . . . . .                  | 108      |
| – фаз . . . . .                         | 83      | – электрическая . . . . .                         | 108      |
| Обогрев батарей . . . . .               | 53      | Пусковое устройство . . . . .                     | 128      |
| Обозначения условные изделий            |         | Пусковые качества двигателя . . . . .             | 129      |
| электрооборудования . . . . .           | 9       | Распределитель зажигания . . . . .                | 204      |
| – исполнения изделий . . . . .          | 10      | Реглоскоп . . . . .                               | 313      |
| – стартерных батарей . . . . .          | 51      | Регулятор вакуумный . . . . .                     | 204      |
| – типовых подгруппы . . . . .           | 10      | – центробежный . . . . .                          | 204      |
| – цифровые . . . . .                    | 9       | Регулятор напряжения . . . . .                    | 86       |
| Огни габаритные . . . . .               | 295     | – интегральный . . . . .                          | 116      |
| – стояночные . . . . .                  | 295     | Регулятор встроенный . . . . .                    | 152      |
| Оптическая система . . . . .            | 263     | – планетарный . . . . .                           | 152      |
| Освещение внутреннее . . . . .          | 300     | Реле тяговые электромагнитные . . . . .           | 144      |
| Отражатель . . . . .                    | 271     | – электромагнитные . . . . .                      | 374      |
|                                         |         | – электронные . . . . .                           | 374      |
| Параболоид . . . . .                    | 271     | Решетки электродов . . . . .                      | 17       |
| Параметры номинальные . . . . .         | 9       | Ротор генератора . . . . .                        | 96, 111  |
| Передающее число привода . . . . .      | 135     | Саморазряд батарей . . . . .                      | 47       |
| Переключатели клавишные . . . . .       | 373     | Световозвращатель . . . . .                       | 297      |
| Перемечки межэлементные . . . . .       | 26      | Свеча зажигания . . . . .                         | 207      |
| Переход эмиттер–база . . . . .          | 114     | – накаливания . . . . .                           | 175      |
| – эмиттер–коллектор . . . . .           | 114     | – подогрева воздуха . . . . .                     | 176      |
| Пластина стальная якоря . . . . .       | 139     | – фланцевая . . . . .                             | 176      |
| Плотность электролита . . . . .         | 33, 63  | – штифтовая . . . . .                             | 175      |
| Подогреватель электрический . . . . .   | 184     | Связь обратная жесткая . . . . .                  | 114      |
| – предпусковой . . . . .                | 185     | Сепараторы . . . . .                              | 19       |
| Подшипник шариковый . . . . .           | 110     | Серная кислота . . . . .                          | 14       |
| – скольжения . . . . .                  | 144     | Сигнализаторы . . . . .                           | 304      |
| Покрытия . . . . .                      |         | Сигнализация аварийная . . . . .                  | 39       |
| – гальванические . . . . .              | 8       | Система зажигания . . . . .                       | 188      |
| Полюсы . . . . .                        | 138     | – контактно–транзисторная . . . . .               | 200      |
| Помехоподавляющие устройства . . . . .  | 9       | – контактная . . . . .                            | 191      |
| Потребители электроэнергии . . . . .    | 9       | – микропроцессорная . . . . .                     | 200      |
| Прерыватели–распределители . . . . .    | 204     | – с накоплением энергии в емкости . . . . .       | 189      |
| Привод спидометра . . . . .             | 338     | – с накоплением энергии в индуктивности . . . . . | 189      |
| Приборы световой сигнализации . . . . . | 291     |                                                   |          |
| Приборы световые                        |         |                                                   |          |

|                                                          |                     |                                                               |            |
|----------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------|------------|
| – с нерегулируемым временем накопления энергии . . . . . | 198                 | – щеточный . . . . .                                          | 108        |
| <b>Системы . . . . .</b>                                 | <b>4</b>            | <b>Указатели поворота . . . . .</b>                           | <b>292</b> |
| – впрыскивания топлива . . . . .                         | 226                 | – автомобильных информационных измерительных систем . . . . . | 328        |
| – информационно–измерительные . . . . .                  | 321                 | – импульсной системы . . . . .                                | 330        |
| – оптические линзовые . . . . .                          | 293                 | – логометрические . . . . .                                   | 329        |
| – оптические смешанные . . . . .                         | 293                 | – магнитоэлектрические . . . . .                              | 328        |
| – освещения и световой сигнализации . . . . .            | 261                 | – электромагнитные . . . . .                                  | 330        |
| – электронные управления автомобильных дизелей . . . . . | 253                 | <b>Управление двигателем . . . . .</b>                        | <b>216</b> |
| – электроснабжения . . . . .                             | 4                   | <b>Устройства . . . . .</b>                                   | <b>248</b> |
| – электростартерного пуска . . . . .                     | 4                   | – для облегчения пуска . . . . .                              | 130        |
| <b>Спидометр . . . . .</b>                               | <b>338</b>          | – исполнительные . . . . .                                    | 248        |
| <b>Стабилизатор напряжения параметрический . . . . .</b> | <b>117</b>          | – исполнительные с электродвигателями . . . . .               | 252        |
| <b>Стабилизатор перехода давления . . . . .</b>          | <b>228</b>          | – переключающие . . . . .                                     | 244        |
| <b>Стабилитрон . . . . .</b>                             | <b>87, 110, 114</b> | – электрофакельные . . . . .                                  | 177        |
| <b>Стартерный режим разряда . . . . .</b>                | <b>12</b>           | <b>Утепление батарей . . . . .</b>                            | <b>53</b>  |
| <b>Стеклоомыватель . . . . .</b>                         | <b>355</b>          | <b>Фара бифокальная . . . . .</b>                             | <b>284</b> |
| <b>Стеклоочиститель . . . . .</b>                        | <b>355</b>          | – гомофокальная круглая . . . . .                             | 283        |
| <b>Стойкость изоляции . . . . .</b>                      | <b>8</b>            | – круглая . . . . .                                           | 280        |
| <b>Схема . . . . .</b>                                   |                     | – прямоугольная . . . . .                                     | 281        |
| – генераторной установки . . . . .                       | 90                  | – эллипсоидная . . . . .                                      | 284        |
| – принципиальная . . . . .                               | 363                 | – европейской системы светораспределения . . . . .            | 215        |
| – электрооборудования . . . . .                          | 363                 | – американской системы светораспределения . . . . .           | 215        |
| <b>Схема управления . . . . .</b>                        |                     | <b>Фара–прожектор . . . . .</b>                               | <b>286</b> |
| – электропроводами . . . . .                             | 353                 | <b>Фара противотуманная . . . . .</b>                         | <b>206</b> |
| – электростартерами . . . . .                            | 160                 | <b>Фокус . . . . .</b>                                        | <b>263</b> |
| <b>Тахометр . . . . .</b>                                | <b>338</b>          | <b>Фокусное расстояние . . . . .</b>                          | <b>263</b> |
| <b>Термометр . . . . .</b>                               | <b>333</b>          | <b>Фонарь . . . . .</b>                                       |            |
| <b>Терморезистор . . . . .</b>                           | <b>324</b>          | – заднего хода . . . . .                                      | 296        |
| <b>Термореле . . . . .</b>                               | <b>177, 178</b>     | – освещения багажного отделения . . . . .                     | 302        |
| <b>Термосигнализатор . . . . .</b>                       | <b>334</b>          | – освещения номерного знака . . . . .                         | 296        |
| <b>Ток холодной прокрутки . . . . .</b>                  | <b>46</b>           | – подкапотный . . . . .                                       | 302        |
| <b>Транзистор . . . . .</b>                              | <b>114</b>          | – преимущественного проезда . . . . .                         | 297        |
| <b>Транзистор составной . . . . .</b>                    | <b>89, 114</b>      | – противотуманный . . . . .                                   | 286, 290   |
| <b>Угол опережения зажигания . . . . .</b>               | <b>188</b>          | <b>Характеристики . . . . .</b>                               | <b>40</b>  |
| <b>Узел . . . . .</b>                                    |                     | – аккумуляторных батарей . . . . .                            | 32         |
| – подшипниковый . . . . .                                | 110                 | – вакуумного автомата . . . . .                               | 192        |
| – скоростной спидометра . . . . .                        | 339                 | – вольт–амперные . . . . .                                    | 40         |
| – счетный спидометра . . . . .                           | 338                 | – зарядные . . . . .                                          | 35         |
| – щеточно–коллекторный . . . . .                         | 142                 | – мощностные . . . . .                                        | 41         |
|                                                          |                     | – разрядные . . . . .                                         | 35         |

|                                                  |          |
|--------------------------------------------------|----------|
| – электростартеров .....                         | 156      |
| Химический источник тока . . .                   | 14, 132  |
| Хранение аккумуляторных батарей . .              | 61       |
| Цилиндр двигателя .....                          | 130, 230 |
| Цикл контрольно–тренировочный . .                | 74       |
| Цепь питания обмотки возбуждения .....           | 88       |
| Шум магнитный .....                              | 108      |
| Шестерня привода .....                           | 137      |
| Шкала .....                                      | 338      |
| Щетки .....                                      | 141      |
| Щеткодержатель .....                             | 141      |
| – коромысловый .....                             | 142      |
| Экономайзер принудительного холостого хода ..... | 218      |
| Эконометр .....                                  | 342      |

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| Экран для регулирования фар . . .             | 312 |
| Электрод .....                                | 17  |
| Электродвигатель .....                        | 47  |
| – постоянного тока .....                      | 132 |
| – с возбуждением от постоянных магнитов ..... | 348 |
| – стартерный .....                            | 133 |
| – с электромагнитным возбуждением ..          | 347 |
| – электродвижущая сила .....                  | 33  |
| Электролит .....                              | 14  |
| Электронные информационные системы .....      | 327 |
| Электропривод .....                           | 347 |
| Электростартер .....                          | 134 |
| Эмиттер .....                                 | 88  |
| Энергия .....                                 | 46  |
| Якорь .....                                   | 139 |
| – электростартера .....                       | 137 |
| Ячейки решеток электродов .....               | 17  |

## Список литературы

- Акимов С.В., Боровских Ю.И., Чижков Ю.П. Электрическое и электронное оборудование автомобилей. М.: Машиностроение, 1988
- Акимов С.В., Здановский А.М. и др. Справочник по электрооборудованию автомобилей. М.: Машиностроение, 1994
- Акимов А.В., Акимов О.А. и др. под редакцией Чижкова Ю.П. Справочник "Электрооборудование автомобилей". М.: Транспорт, 1993
- Акимов С.В., Акимов А.В. Автомобильные генераторные установки. М.: Транспорт, 1995

- Акимов А.В., Акимов С.В., Лейкин Л.П. Генераторы зарубежных автомобилей. М.: За рулем, 1997
- Литвиненко В.В. Электрооборудование автомобилей ВАЗ. М.: За рулем, 1997
- Росс Твег. Системы зажигания легковых автомобилей. М.: За рулем, 1997
- Рабжаев В.Б., Бабич Г.М., Корец Л.М. Автотракторные провода и жгуты проводов. М.: Энергоатомиздат, 1989
- Сига Х., Мидзутани С. Введение в автомобильную электронику. М.: Мир, 1989

# Содержание

|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| К читателю .....                                                                          | 4   |
| ГЛАВА 1. Общие требования к автомобильному электрооборудованию .....                      | 4   |
| 1.1 Классификация электрооборудования автомобиля .....                                    | 4   |
| 1.2 Условия эксплуатации электрооборудования .....                                        | 5   |
| 1.3 Номинальные параметры .....                                                           | 9   |
| 1.4 Основные обозначения изделий электрооборудования .....                                | 9   |
| ГЛАВА 2. Аккумуляторные батареи .....                                                     | 12  |
| 2.1. Назначение и условия эксплуатации .....                                              | 12  |
| 2.2. Требования к стартерным аккумуляторным батареям .....                                | 13  |
| 2.3. Принцип работы свинцового аккумулятора .....                                         | 14  |
| 2.4 Устройство и конструктивные схемы батарей .....                                       | 15  |
| 2.5. Характеристики аккумуляторных батарей .....                                          | 32  |
| 2.6. Эксплуатация стартерных аккумуляторных батарей .....                                 | 49  |
| 2.7. Неисправности аккумуляторных батарей .....                                           | 77  |
| ГЛАВА 3. Генераторные установки .....                                                     | 81  |
| 3.1. Принцип действия вентильного генератора .....                                        | 82  |
| 3.2. Принцип действия регулятора напряжения .....                                         | 86  |
| 3.3. Электрические схемы генераторных установок .....                                     | 90  |
| 3.4. Характеристики генераторных установок .....                                          | 94  |
| 3.5. Конструкция генераторов .....                                                        | 100 |
| 3.6. Бесщеточные генераторы .....                                                         | 110 |
| 3.7. Схемное и конструктивное исполнение регуляторов напряжения .....                     | 112 |
| 3.8. Техническое обслуживание генераторных установок .....                                | 118 |
| 3.9. Характерные неисправности генераторных установок и методы их обнаружения .....       | 120 |
| 3.10. Замена типа генераторной установки на автомобиле .....                              | 124 |
| ГЛАВА 4. Электростартеры .....                                                            | 127 |
| 4.1. Пусковые качества автомобильных двигателей .....                                     | 127 |
| 4.2. Системы электростартерного пуска .....                                               | 131 |
| 4.3. Особенности работы электростартеров и требования к электростартерам .....            | 134 |
| 4.4. Устройство электростартеров .....                                                    | 137 |
| 4.5. Характеристики электростартеров .....                                                | 155 |
| 4.6. Схемы управления электростартерами .....                                             | 160 |
| 4.7. Система стоп-старта .....                                                            | 163 |
| 4.8. Правила эксплуатации и техническое обслуживание электростартеров .....               | 165 |
| ГЛАВА 5. Устройство для облегчения пуска двигателей при низких температурах .....         | 175 |
| 5.1. Свечи накалывания и подогрева воздуха .....                                          | 175 |
| 5.2. Электрофакельные подогреватели воздуха .....                                         | 177 |
| 5.3. Техническое обслуживание электрофакельных подогревателей .....                       | 180 |
| 5.4. Устройство для подачи пусковой жидкости .....                                        | 183 |
| 5.5. Электрические подогреватели .....                                                    | 184 |
| 5.6. Предпусковые подогреватели .....                                                     | 185 |
| ГЛАВА 6. Системы зажигания .....                                                          | 188 |
| 6.1. Назначение и принцип действия .....                                                  | 188 |
| 6.2. Контактная система зажигания .....                                                   | 191 |
| 6.3. Контактнотранзисторная система зажигания .....                                       | 195 |
| 6.4. Электронные системы зажигания .....                                                  | 196 |
| 6.5. Элементы систем зажигания .....                                                      | 202 |
| 6.6. Применяемость элементов систем зажигания .....                                       | 210 |
| 6.7. Техническое обслуживание систем зажигания .....                                      | 212 |
| ГЛАВА 7. Электронные системы управления двигателем .....                                  | 216 |
| 7.1. Основные принципы управления двигателем .....                                        | 216 |
| 7.2. Системы автоматического управления экономизером принудительного холостого хода ..... | 218 |
| 7.3. Системы подачи топлива с электронным управлением .....                               | 224 |
| 7.4. Комплексные системы управления двигателем .....                                      | 236 |
| 7.5. Датчики электронных систем управления двигателем .....                               | 240 |
| 7.6. Исполнительные устройства систем впрыска .....                                       | 248 |
| 7.7. Электронные системы управления автомобильных дизелей .....                           | 253 |
| 7.8. Эксплуатация систем управления двигателем .....                                      | 255 |
| ГЛАВА 8. Системы освещения, световой и звуковой сигнализации .....                        | 261 |
| 8.1. Назначение и классификация световых приборов .....                                   | 261 |
| 8.2. Международная система обозначений световых приборов .....                            | 264 |
| 8.3. Лампы световых приборов .....                                                        | 267 |
| 8.4. Фары головного освещения. Блок-фары. Проекторы .....                                 | 271 |
| 8.5. Противотуманные фары и фонари .....                                                  | 286 |
| 8.6. Приборы световой сигнализации .....                                                  | 291 |
| 8.7. Приборы внутреннего освещения и сигнализаторы .....                                  | 303 |
| 8.8. Техническое обслуживание системы освещения и световой сигнализации .....             | 305 |
| 8.9. Звуковые сигналы .....                                                               | 316 |
| ГЛАВА 9. Информационно-измерительная система .....                                        | 321 |
| 9.1. Датчики электрических приборов .....                                                 | 323 |
| 9.2. Указатели автомобильных информационных измерительных систем .....                    | 328 |
| 9.3. Термометры .....                                                                     | 332 |
| 9.4. Измерители давления .....                                                            | 333 |
| 9.5. Измерители уровня топлива .....                                                      | 336 |
| 9.6. Измерители зарядного режима аккумуляторной батареи .....                             | 337 |
| 9.7. Спидометры и тахометры .....                                                         | 338 |
| 9.8. Экономасосы .....                                                                    | 342 |
| 9.9. Тахографы .....                                                                      | 343 |
| 9.10. Электронные информационные системы .....                                            | 344 |
| 9.11. Техническое обслуживание информационно-измерительной системы .....                  | 344 |
| ГЛАВА 10. Электропривод вспомогательного оборудования автомобиля .....                    | 347 |
| 10.1. Электродвигатели .....                                                              | 347 |
| 10.2. Моторедукторы .....                                                                 | 351 |
| 10.3. Мотонасосы .....                                                                    | 353 |
| 10.4. Схемы управления электроприводом .....                                              | 353 |
| 10.5. Техническое обслуживание электропривода .....                                       | 360 |
| ГЛАВА 11. Схемы электрооборудования. Комму-<br>тационная и защитная аппаратура .....      | 363 |
| 11.1. Автомобильные провода .....                                                         | 367 |
| 11.2. Защитная аппаратура .....                                                           | 370 |
| 11.3. Коммутационная аппаратура .....                                                     | 373 |
| 11.4. Мультипликационная система проводки .....                                           | 377 |
| 11.5. Техническое обслуживание бортовой сети .....                                        | 378 |
| Предметный указатель .....                                                                | 379 |
| Список литературы .....                                                                   | 383 |